

„Clausthal, dieser Nabel der Welt.....“

schrieb der „originellste Kopf der Bergakademie“, Professor Dr. Carl Schnabel, um die Jahrhundertwende, seine Universität charakterisierend. Ist das - berechtigtes Selbstbewußtsein vorausgesetzt - nicht ein bißchen „dicke“? Wollen wir nicht eher preußisch sein, mehr sein als scheinen? Aber wenn ein so kluger ironischer Geist dies gesagt hat - vielleicht stimmt es ja? Ist die TU Clausthal eine russische Matrioschka in umgekehrter Reihenfolge - Makrokosmos im Mikrokosmos?

„Money makes the world go round.“ Geld ist der Motor der Gesellschaft. Lebenswichtig wie Sauerstoff. Im Harz wurde das Silber „gegraben“, in Clausthal (und Zellerfeld) zu Münzen geschlagen, in Hannover in Waffen und Prunk verwandelt, schließlich wurde unter Aufwendung nur von „Pfennigen“ an der Bergakademie Clausthal mit Ausbildung und Forschung dafür gesorgt, daß der „Silberstrom“ auf höchstmöglichem Niveau gehalten werden konnte. Ganz offensichtlich - Clausthal war (ein/der?) Nabel der Welt.

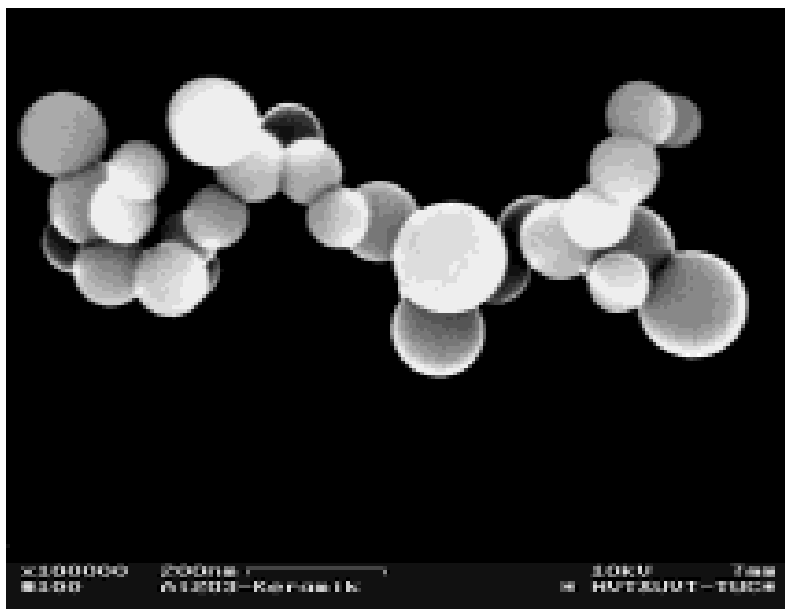
Und heute? Universitäten hängen am finanziellen Tropf des Staates. Aber mit ihren Absolventen geben sie der Gesellschaft die Energieträger der Erneuerung. Nun lehrte uns der Mathematiker Mandelbrot, die Natur liebt es uns mit sich wiederholenden, selbstähnlichen Strukturen zu verblüffen. Gibt es vielleicht nicht nur einen „Nabel der Welt“, sondern deren Abertausende? Die eigene Vitalität würde sich dann darin zeigen, mit ihnen in Austauschbeziehungen zu stehen.

Die TU Clausthal schätzt sich glücklich, mit den besten Köpfen weltweit in Kontakt zu sein. So bescheinigte ihr im Mai die Alexander von Humboldt-Stiftung Rang vier in der Beliebtheitsskala bei ausländischen Spitzenforschern. Das Rechenzentrum der Universität bereitet auf der EXPO in Hannover den Forschern von morgen schon heute ein virtuelles Netzwerk fruchtbarer wissenschaftlicher Kontakte.

Einblicke in die Kreativität der vielen „am Nabel der Welt“ Tätigen zu geben ist Aufgabe dieser Zeitschrift.

Was geschah nun im vergangenen halben Jahr?

Wir holten uns die Welt auf die Höhen des Harzes. Der Sonderforschungsbereich 180 lud ein



Mittels Laserverdampfung von Aluminiumoxid können, teilweise zusammengesinterte, Nanopartikel erzeugt werden. Die Sintervorgänge, welche Struktur und Eigenschaften von Nanopulvern bestimmen, werden derzeit im Institut für Mechanische Verfahrenstechnik untersucht.

zum Abschlußkolloquium. Die Metallurgen präsentieren die Palette ihrer Forschungsschwerpunkte. Die Geotechniker trafen sich mit ihren Fachkollegen, um Stand und Perspektiven raumbezogener Fachinformationsdienste zu diskutieren. Die Anwendungen partieller Differentialgleichungen in Naturwissenschaften und Technik standen im Mittelpunkt einer großen internationalen Tagung im Institut für Mathematik. Rund 30 Studierende, u.a. aus Spanien und Israel, nahmen in den Semesterferien als IAESTE-Praktikanten an Forschungsarbeiten der Institute teil.

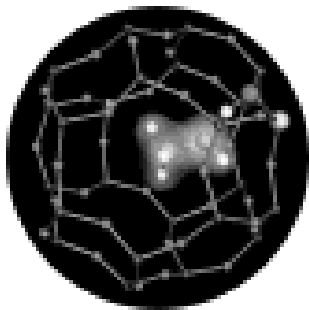
Die Nanotechnologie, ein Forschungsfeld, dem weltweit große Bedeutung zugemessen wird, ist in diesem Heft mit zwei Beiträgen Clausthaler Forschungsergebnisse präsent.

„Da ist Musik drin“, freute sich der Clausthaler Altmeister der Petrophysik Jürgen Schopper, wenn er ein neues interessantes Forschungsfeld entdeckte. Entdecken Sie ihre Universität - „da ist Musik drin“. Das gilt, so denken wir, für die Universität im Ganzen.

Wir grüßen Sie mit einem herzlichen Clausthaler Glückauf!

Professor Dr.-Ing. Ekkehard Schulz
Vorsitzender des Vereins von Freunden der
Technischen Universität Clausthal

Prof. Dr. rer. nat. Ernst Schaumann
Rektor der
Technischen Universität Clausthal



Simulation eines Methanmoleküls, das an ein reaktives Zentrum in einem Zeolithkatalysator andockt hat. Siehe auch Bericht zur Ernennung von Professor Dr. Peter Blöchl auf Seite 58. Abgedruckt mit freundlicher Genehmigung von Ernst Nusterer, Peter E. Blöchl und Karlheinz Schwarz, aus *Angewandte Chemie*, Vol. 108, Nr. 2 (1996). Copyright Wiley-VCH Verlag GmbH, D-69451 Weinheim, 1996.

RUBRIKEN

Editorial	3
Nachrichten	5
Forschung	29
Personalia	56
Habilitationen und Promotionen	66

IMPRESSUM

Herausgeber:

Der Rektor der Technischen Universität Clausthal, Prof. Dr. Ernst Schaumann (Adolph-Roemer-Str. 2A), und der Vorsitz der Vereins von Freunden der Technischen Universität Clausthal, Prof. Dr.-Ing. Ekkehard Schulz (Osteröder Straße 8), beide in 38678 Clausthal-Zellerfeld.

Verlag und Anzeigen

Media Consult Verlags GmbH
Bergstraße 60a, 38640 Goslar
Telefon (053 21) 4 15 02
Telefax (053 21) 4 15 03

Redaktion

Jochen Brinkmann, M.A. (Allgemeiner Teil)
G.-Rauschenbach-Straße 4
Telefon (053 23) 72 77 55
Telefax (053 23) 72 77 59
Dr.-Ing. Lothar Schmidt (Forschungsteil)
Graupenstraße 3
Telefon (053 23) 72 21 41
Telefax (053 23) 72 22 03
(beide in 38678 Clausthal-Zellerfeld)

TU Contact erscheint als Zeitschrift der TU Clausthal und des Vereins von Freunden der TU Clausthal. Bezugspreis (für Mitglieder im Beitrag enthalten): 6,00 DM zuzüglich Versandkosten.

AUF NEUTRALEM BODEN BEGEGNETEN SICH ...

ein Israeli und ein Palästinenser an der TU Clausthal – und konnten miteinander sprechen. Von ihren Eindrücken als IAESTE-Studenten an der TU Clausthal und dem Leben in Israel erzählen Zohar Shinar und Eldad Levy.

Seite 10

WER MÖCHTE DURCH 4,2 MILLIARDEN JAHRE ERDGESCHICHTE SPAZIEREN?

Sehen, wie das Silber aus dem Berg herauswächst? 500 Millionen Jahre Evolutionsgeschichte, vom chitinegestärkten Panzertier bis zu unserem „Stammvater“, dem Australopithecus, Revue passieren lassen?

Seite 13

VON „SÄULENARTIGEN“ BEINEN UND SELBSTÄNDIGEN FRAUEN ...

Bürgerliche Beobachter haben die Oberharzer Frauen wiederholt kritisiert, sie ließen weibliche Tugenden, wie Häkeln, Stricken, Nähen vermissen. Es wurde auch beanstandet, daß die Frauen sich unangemessen bei Festlichkeiten herausputzen wurden. Die Historikerin Claudia Küpper-Eichas zeichnete bei der Beteiligung der TU Clausthal an dem Projekt „Internationale Frauen-Universität ein „etwas“ anderes Bild der Harzer Frauen.

Seite 19 - 20

EIN DELPHISCHES ORAKEL ...

Der Informationsdienst Wissenschaft, die Wissenschaftsnachrichtagentur im Netz, war für drei Tage auf der EXPO 2000. Mit einem Experten-Makler für Bürger wurde drei

Tage lang auf (fast) alle Fragen des Lebens eine Antwort gefunden ...

Seite 20

NANOPARTIKEL

anfertigen zu können, ist ein hochaktuelles Forschungsziel von Wissenschaft und Industrie, denn technische Eigenschaften sind nicht nur material- sondern auch größenabhängig. Metalle werden härter, Keramiken duktiler, wenn ihr Gefüge aus nanometergroßen Strukturen aufgebaut ist, die sich in Größe zu einem Fußball verhalten wie dieser zur Erdkugel. Ein Herstellungsverfahren für Nanopartikel wurde am Institut für Mechanische Verfahrenstechnik untersucht.

Seite 29

„ES RAGEN DUNKLE TANNEN ...“

Nicht nur durch die nach CARL SCHNABEL benannte Gedenkmedaille lebt der Name dieser herausragenden Persönlichkeit heute noch in Clausthal fort. Der Schöpfer des „Bierehrlichsten Tisches Auf Der Erde“ (BTADE) mit dem „Birnamen“, „Carl der Einzige, Erzgraf von Lautenthal“ – in seiner Autobiographie trägt er das bezeichnende Pseudonym Karl Jungbold – wird uns von Georg Müller als bedeutender Forscher, Industriepionier und als ein von seinen Studenten verehrter Professor präsentiert. Der Leser erfährt, wie aus der schöpferischphantasievollen, geselligen Frohnatur infolge schwerer Schicksalsschläge und durch Schikanen der Obrigkeit, nicht zuletzt wegen seiner mißgünstig beäugten Popularität, ein einsamer, kranker und vergrämter Mann wurde.

Seite 41

FABRIKPLANUNG IM CYBERSPACE

Am IMAB können Rundgänge durch Fabriken gemacht werden, die

es noch gar nicht gibt.

Im neuen Virtual Reality - Labor werden Planungen neuer Fabriken und Anlagen vorgenommen, die dem Betrachter einen perfekten räumlichen Eindruck vermitteln. Modernste High-Tech-Ausstattungen unterstützen Planer und Beteiligte dabei, den wachsenden Anforderungen an ihre Aufgaben gerecht zu werden.

Seite 47

ARCHÄOMETRIE – WISSENSCHAFT UND KULTURHISTORIE

Metallobjekte aus der Bronzezeit als Gegenstand naturwissenschaftlicher Untersuchungen: Warum es so spannend ist, dem bronzezeitlichen Handwerker „über die Schulter zu schauen“ oder neuzeitliche Nachbildungen zu entlarven.

Jedes Fundstück erzählt seine Geschichte.

Seite 51

VON DER UNIVERSITY OF WESTERN AUSTRALIA IN PERTH/AUSTRALIEN UND VOM IBM FORSCHUNGSZENTRUM RÜSCHLIKON IN DER SCHWEIZ AN DIE TU CLAUSTHAL ...

komen die neuen Professoren für Physikalische Werkstofftechnik, Prof. Dr. Juri Estrin (Seite 63) und für die Theoretische Physik Professor Dr. Peter Blöchl (Seite 58 - 59). Auf neue Kompetenz auf den Gebieten der Festigkeit und Plastizität metallischer Werkstoffe und der Möglichkeiten, die der Rechner als „Nanolabor“ eröffnet, darf die Universität gespannt sein.

Wachübergabe: Nach zwei Amtsperioden übergab heute Professor Dr.-Ing. Peter Dietz seinem Nachfolger Professor Dr. Ernst Schaumann den Schlüssel für das Rektorat, und dieser bedankte sich für die Geste in kurzen Worten.

Die Grundordnung der Universität schreibe vor, den Rektor mit „Magnifizenz“ anzureden. Darin komme die hohe Wertschätzung diesem Amt gegenüber zum Ausdruck. Sie berge Vor- und Nachteile. Gut sei die Möglichkeit mit den Kollegen die Zukunft der Hochschule gestalten zu können, die richtige Ebene zu finden.

Nun sei Clausthal bescheiden. Man wähle keinen Präsidenten, der ad infinitum regieren könne, sondern, der Größe unserer TU angemessen, einen Rektor auf zwei Jahre, bis er wieder zurückkehre in den Kreis der Kollegen. Das Sorge für Bodenhaftung und diese habe Professor Dietz stets bewiesen. Das hohe Amt berge aber auch Gefahren. Man bewege sich in dünner Luft, der Übergang von Freund zu Kollege zu Opponent sei schnell. Nun gebe es die reversible Thermodynamik und er wünsche Professor Dietz eine gute Zeit als „einfacher Professor“. Professor Dietz: „Man hat ja jetzt soviel Erfahrung gesammelt, daß man die ganze Welt beraten könnte. Nur, es will einen keiner mehr hören“. Professor Schaumann bekannte, sehr gerne auf seinen Rat zurückzukommen.

Professor Dr. Ernst Schaumann trat zum 1. Oktober das Amt des Rektors an



■ Schlüsselübergabe: Von Prof. Dr.-Ing. Peter Dietz (links) an Prof. Dr. Ernst Schaumann.

TU Clausthal erneut im DFG-Ranking in den Ingenieurwissenschaften auf Platz 1

„Wer wirbt am erfolgreichsten Forschungsgelder ein?“, fragt die Deutsche Forschungsgemeinschaft sich selbst und legte, nun schon zum zweiten Mal, die Übersicht der DFG-Bewilligungen an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen, diesmal für den Zeitraum von 1996 bis 1998, vor. Und, gleichfalls wie beim ersten Mal, nimmt die Technische Universität Clausthal eine Spitzenstellung in den Ingenieurwissenschaften ein: Bezogen auf die Zahl der Professoren den vierten Platz, bezogen auf die an ihr tätigen Wissenschaftler in den Ingenieurdisziplinen gemeinsam mit der TU Hamburg-Harburg den ersten Platz.

In ihrem Vorwort zu dem Bericht schreiben der Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft Professor Dr. Ernst-Ludwig Winnacker und der Präsident der Hochschulrektorenkonferenz Professor Dr. Klaus Landfried: „Der Begriff „Lei-

stungsorientierte Mittelzuweisung“ hat in der Hochschul- und Forschungspolitik steigende Konjunktur... Aufgabe aller dieser Gremien ist es letztlich, die Verteilung der Ressourcen an Kriterien der Qualität und Leistung orientieren zu helfen.“ Dafür müßten die Stärken und Schwächen einer Universität mit möglichst vielen, objektiven Indikatoren, Qualitätsmerkmalen, gemessen werden. „Das Volumen der Mittel, das die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einer Universität im Wettbewerb mit allen anderen bei der DFG einwerben, ist ein wichtiger Indikator für Initiativbereitschaft, Aktivität und Erfolg in der Forschung.“

Ein systematischer Zusammenhang zeigt sich im Vergleich mit der Aufstellung der Alexander von Humboldt-Stiftung aus dem Mai dieses Jahres „Wohin gehen die ausländischen Spitzenforscher?“. Die DFG schreibt in ihrem Bericht auf Seite 43: „Die Übersicht über die Zielorte und Gastinstitutionen von Humboldt-Forschungsstipen-

dien und -preisträgern der Jahre 1995 bis 1999 zeigt, daß sich die Hälfte aller von der AvH geförderten Spitzenwissenschaftler ebenfalls auf nur 20 Universitäten in Deutschland konzentriert. 18 dieser Hochschulen sind identisch mit den "Top 20" des hier vorgestellten DFG-Hochschul-Rankings. Zwischen der Attraktivität für internationale Gastwissenschaftler und der DFG-Forschungsaktivität besteht demnach ein sehr enger Zusammenhang.“ In dem Ranking der Alexander von Humboldt-Stiftung nahm die TU Clausthal, gerechnet in der Darstellung pro der an einer Universität tätigen Professoren, den vierten Platz ein.

Weitere Informationen:

<http://www.dfg.de/berichtswesen/pdf/online-ranking.pdf>

[http://www.humboldt-foundation.de/automat-db/wt-show.text-page?p-text-id=216&p-flag=\(aktuelles-de\)](http://www.humboldt-foundation.de/automat-db/wt-show.text-page?p-text-id=216&p-flag=(aktuelles-de))

Ergänzungsstudiengang Physik/Physikalische Technologien für Fachhochschulabsolventen

Das niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur hat den Ergänzungsstudiengang Physik/Physikalische Technologien genehmigt.

Dieser 3-semestriges Studiengang bietet Fachhochschulabsolventen der Fachrichtungen Physiktechnik, Physikalische Technologien, Technische Physik oder vergleichbarer Abschlüsse die Möglichkeit, ein Universitätsdiplom als Diplom-Physiker/-in zu erlangen.

Damit wird diesen Absolventen auch die Möglichkeit zur Promotion eröffnet.

Der Ergänzungsstudiengang ist orientiert am Diplomstudiengang Physik/Physikalische Technologien, der in Clausthal seit dem WS 1998/1999 angeboten wird.

Im Rahmen des 3-semestriges Studienganges liegen die Schwerpunkte der Ausbildung in den Bereichen Theoretische Physik, Mathematik und Physikalische Technologien.

Weitergehende Informationen bei den Studienberatern:

Prof. Dr. Wolfgang Schade / Dr. Klaus Faulian
Physikalisches Institut der TU Clausthal
Leibnizstraße 4

38678 Clausthal-Zellerfeld

Tel.: 05323/72-2061 / -2317

FAX: 05323/72-3600

e-Mail: Wolfgang.Schade@tu-clausthal.de /

Klaus.Faulian@tu-clausthal.de

Partnerschaftsvertrag mit der TU Fuxin erneut besiegelt



Bei der Vertragsunterzeichnung: (von links nach rechts) Rektor der TU Fuxin, Prof. Liu Mingxin, Prof. Dr. Zhao, Mitte, und Professor Dr.-Ing. Walter Knissel.

Seit 20 Jahren unterhält die TU Clausthal eine lebhafte Partnerschaft mit der Technischen Universität Liaoning in Fuxin, VR China. Im Juli wurde die Partnerschaft erneut mit einem Kooperationsvertrag für das nächste Jahr gestaltet.

Der Rektor der TU Fuxin, Prof. Liu Mingxin, und von Seiten der TU Clausthal Professor Dr.-Ing. Dr. h.c. Walter Knissel als Senatsbeauftragter unterzeichneten nun anlässlich des Besuches einer chinesischen Delegation zur 225-Jahrfeier der TU Clausthal die erweiterte Fortschreibung des Kooperationsvertrages beider Hochschulen. Diese skizziert den gemeinsamen Arbeitsplan für die Zusammenarbeit in Forschung und Lehre.

Jedes Jahr halten Clausthaler Professoren drei bis vierwöchige Lehrveranstaltungen in Fuxin ab.

Gemeinsam richteten beide Universitäten ein internationales Symposium in Fuxin aus, und Clausthaler Studierende erhalten von chinesischer Seite Stipendien für Studien- und Diplomarbeiten in Fuxin. Letztere werden gemeinschaftlich von einem chinesischen und einem Clausthaler Professor betreut. Im Gegenzug lädt Clausthal Studenten und Wissenschaftler der TU Liaoning ein.

Professor Dr.-Ing. Hans Peter Beck hat mit seinen Kollegen in Fuxin die Konzeption für die Einrichtung eines Labors für Elektrische Energietechnik entwickelt. In diesem Labor wurden seither zahlreiche Diplom- und Studienarbeiten chinesischer und Clausthaler Studenten durchgeführt.

Zunächst, beginnend mit dem Studiengang Maschinenbau, beabsichtigen beide Hochschulen in naher Zukunft, ein gemeinsames Credit-System, gemeinsame Curricula und ein deutsch-chinesisches Doppeldiplom zu realisieren, so daß in Zukunft die Zusammenarbeit mit den chinesischen Universitäten in ähnlicher Weise organisiert wird wie mit den europäischen Partnerhochschulen. Die Studierenden stellen sich an verschiedenen Universitäten weltweit ihr Studienprogramm zusammen, gewinnen Auslandserfahrung, Sprach- und Weltkenntnisse und können zügig ihr Studium gestalten. Der erneut besiegelte Partnerschaftsvertrag mit Fuxin baut eine Brücke in das „Reich der Mitte“, das bevölkerungsreiche Land der Erde.



Am Gelingen einer Partnerschaft sind viele helfende Hände und Köpfe beteiligt.

Institut stellte Forschungsarbeiten dar

Clausthaler Metallurgie-Kolloquium

Das Institut für Metallurgie der TU Clausthal lud vom 21. - 23. September zum Clausthaler Metallurgie Kolloquium ein. Ziel der Kolloquiumsveranstaltung war die Darstellung der gegenwärtigen und geplanten Forschungsarbeit am Institut. Dementsprechend gliederte sich das Kolloquium in fünf Abschnitte, die den Arbeitsbereichen entsprechen:

- Thermochemie und Mikrokinetik
- Metallurgische Prozeßtechnik
- Extraktive Metallurgie
- Gießereitechnik
- Werkstoffumformung

Am 1. Oktober 1999 wurde das Institut für Metallurgie durch Zusammenschluß der zum Metallurgischen Zentrum der TU Clausthal gehörenden Institute gegründet.

Die Fachvorträge wurden von gegenwärtigen und ehemaligen Mitarbeitern des Institutes gehalten. Beispielhaft seien einige der Vortragsthemen hier genannt: „Kinetik des Materietransports in Hochtemperaturmaterialien“, „Thermochemie und Konstitution in der Werkstoffentwicklung von Halbleiterkontakten und Legierungen“, „Recycling von Magnesiumlegierungen“, „Schaum-schlacken in der Elektrostahlerzeugung“, „Einsatz und Regenerieren von Gießereiformstoffen mit anorganischen Bindern“.

Raumbezogene Informationssysteme und Simulationswerkzeuge in Geowissenschaft und Geo-Engineering

Clausthaler FIS-Forum, 4. – 5. Oktober, führte Forscher und Praktiker zusammen

Im Talsperren- oder Tunnelbau, bei der Erschließung von Erdöl- und Erdgaslagerstätten oder der Sicherung alter Bergwerke, kurz, überall dort, wo der Mensch im großen Maßstab ingenieurmäßig in die Natur eingreift und geologische Systeme für seine Zwecke umgestaltet, müssen komplexe Informationen über ein Areal erhoben, verarbeitet und, hieraus abgeleitet, in Modellierungen dem Praktiker für Analyse- und Simulationszwecke bereitgestellt werden. Nur so können geotechnische Prozesse prognostiziert und kontrolliert werden, um wirtschaftliche, ökologische und sicherheitstechnische Anforderungen zu erfüllen.

In den letzten Jahren sind im Bauwesen, im Bergbau, der Erdöl-/Erdgasförderung, der Grundwassernutzung sowie der Altlastensicherung und -sanierung derartige raumbezogene spezifische Fachinformationssysteme entstanden. Der Anwender benötigt insbesondere Entwicklungen, die Informationssysteme mit Analyse- und Simulationsprogrammen koppeln.

An der TU Clausthal, ausgerichtet von der Abteilung für Ingenieurgeologie des Institutes für Geologie und Paläontologie (Prof. Gerhard Reik, Ph.D.), dem Institut für Geotechnik und Mark-

scheidewesen sowie dem Arbeitsbereich Technische Informatiksysteme der Universität Hamburg fand am 4. - 5. Oktober das „Clausthaler FIS-Forum - Raumbezogene Informationssysteme und Simulationswerkzeuge in Geowissenschaften und Geo-Engineering“ statt. Zielgruppe der Veranstaltung waren Entwickler, Anbieter und Anwender.

Im Anschluß an Übersichts- und Einführungsvorträge erhielten die Teilnehmer Gelegenheit, im Gespräch mit Anbietern, Entwicklern und Anwendern Produkte und Systeme und deren Einsatzmöglichkeiten in der Praxis kennenzulernen und zu diskutieren.

Weitere Informationen:
Technische Universität Clausthal
Institut für Geologie und Paläontologie
Prof. Ph.D Gerhard Reik, Abteilung
für Ingenieurgeologie
Dipl.-Geol. Wolfgang Paehge
Tel. 05323 72 - 3672 / 72-2387
Fax: 05323 72 - 2387 / 72-3672
<http://fis-forum2000.tu-clausthal.de/>

Verschlüsselung und Codierung: Datensicherheit durch Mathematik

Am 29. September lud das Institut für Mathematik der TU Clausthal zu einer Fortbildungsveranstaltung für Mathematiklehrerinnen- und lehrer ein. Die Fortbildungsveranstaltung bot einen für die Schule geeigneten exemplarischen Einblick in die Kryptographie und in die Codierungstheorie.

In der Kryptographie geht es um Methoden, die gestatten, Nachrichten so zu übermitteln, daß ihr Inhalt geheim und unverfälscht den Empfänger erreicht.

Der einleitende Vortrag stellte insbesondere das 1977 entwickelte RSA Verschlüsselungsverfahren nach Rivest, Shamir und Adleman sowie dessen zahlentheoretische Grundlagen vor. Eine praktische Erprobung fand in Form von Laborübungen im Rechnerpool des Instituts statt.

Ziel der Codierungstheorie ist es, Fehler in der Übertragung von Daten zu erkennen, möglichst sogar zu korrigieren. Dazu werden die Daten so codiert, daß kleinere Fehler nicht zu Verwechslungen führen können. Mit algebraischen Methoden lassen sich gute Codes konstruieren. In diesem Vortrag wurde ein System von Telefonnummern entworfen, das auch bei falscher Wahl von einer Ziffer noch zum richtigen Anschluß führt.

Beide Vorträge verwandten grundlegende Konzepte der Zahlentheorie (Kongruenzen) und Algebra (endliche Körper), die auch auf Schulniveau erarbeitet werden können. Zusätzlich wurde ein Ausblick gegeben auf komplexere Analysen und Anwendungen, die als Motivation für die Beschäftigung mit diesem Stoff dienen können.

In den abschließenden Übungen erhielten die Teilnehmer Gelegenheit, sich mit den Problemen aktiv, zum Teil unter Einbeziehung des Computers, auseinanderzusetzen und mit den Vortragenden zu diskutieren.

Die Referenten waren Professor Dr. Lutz Lucht und Professor Dr. Walter Klotz, Institut für Mathematik.

Weitere Informationen:
Dr. H. Behnke
Institut für Mathematik
Erzstraße 1
38678 Clausthal-Zellerfeld
Telefon (05323) 72-3183
Telefax (05323) 72-2304
e-mail: behnke@math.tu-clausthal.de

Tagung zu partiellen Differentialgleichungen

Die Sprache der Natur

Vom 24.-28. Juli 2000 fand am Institut für Mathematik der Technischen Universität eine internationale Tagung zum Thema „Partielle Differentialgleichungen“ statt. Die Theorie der partiellen Differentialgleichungen entwickelte sich rasant in den letzten Jahren, da sie Auswirkungen auf viele Gebiete in Technik, Naturwissenschaften und neuerdings auch auf Fragen der Finanzmärkte hat.

Mit ihnen können zum Beispiel die Wärmeleitung in flüssigen und festen Medien, die elektronischen Übergänge in Halbleitern, die spektralen Eigenschaften von Atomen und Molekülen, die Evolution von Individuen wie Viren oder Bakterien bestimmt werden. Aus mathematischer Sicht ist es eine besonders herausfordernde Aufgabe, eine rigorose Theorie für umfassende Klassen von Differentialgleichungen zu entwickeln.

An der Tagung nahmen rund 130 Teilnehmer aus aller Welt teil. Wegen der Vielfalt der Probleme gab es vier Sektionen, welche jeweils der neuesten Entwicklung eines Themengebietes gewidmet waren. Dazu gehören die Anwendungen in der Quantenphysik, die Beziehungen zur Theorie des Zufalls, die mathematischen Probleme der mikrolokalen Analysis und zahlreichen Typen von Differentialgleichungen, die in der Technik für die Ingenieurwissenschaften relevant sind.

Gastgeber der Tagung war Professor Dr. Michael Demuth vom Institut für Mathematik.

Die Tagung bettet sich in eine weltweite Reihe von Konferenzen zur Mathematischen Physik ein. So behandeln Vorträge die Spektraltheorie für Schrödinger und Dirac Operatoren: Belissard (Toulouse), Laptev (Stockholm), Mazja (Linköping), Solomjak (Jerusalem), Umeda (Hi-

mejo, Japan), Weder (Mexiko); zu semiklassischen Methoden gab es z.B. Vorträge von Bruneau (Bordeaux) und Buslaev (Paris). Fragen der mikrolokalen Analysis standen im Mittelpunkt der Beiträge von Schulze (Potsdam), Agranovich (Moskau). Die Beziehungen zur Stochastik untersuchten z.B. von van den Berg (Bristol), Bolthausen (Zürich), Klein (Potsdam).

Die Tagung wurde getragen von den Mathematikern: M. Ben-Artzi, Jerusalem; Chen Hua, Wuhan; M. Demuth, Clausthal; T. Ichinose, Kanazawa; L. Rodino, Turin; B.-W. Schulze, Potsdam; J. Sjöstrand, Paris.

Weitere Informationen im WWW:
<http://www.math.tu-clausthal.de/~maan/preannouncement.html>

Abschlußkolloquium SFB 180

Neue Maschinen für neue Prozesse

Die physikalischen und chemischen Grundlagen vieler verfahrenstechnischer Prozesse sind in langen Jahren systematisch und grundlegend erforscht worden. Die Forschungsergebnisse des SFB 180 „Konstruktion verfahrenstechnischer Maschinen bei besonderen mechanischen, thermischen oder chemischen Belastungen“ (Sprecher Prof. Dr.-Ing. Peter Dietz) an der TU Clausthal tragen wesentlich dazu, daß die Erkenntnisse in der Praxis auch zum Tragen kommen können.

Feinstmahlung im 1-Mikrometer Partikelgrößenbereich für Farben und Pharmazeutika ist nur mit Windsichtern möglich, die Umfangsgeschwindigkeiten im Bereich oberhalb von 300 Meter pro Sekunde aufweisen. Welche Werkstoffe halten diesen Belastungen stand. Wie müssen Heißgaslüfter für Temperaturen bis 1300 Grad Celsius beschaffen sein? Autoklaven, die chemisch aggressive Stoffe bei 400 Grad Celsius umsetzen?

Allgemein formuliert: Mit welchen Maschinen, Einrichtungen und Ausrüstungen können verfahrenstechnischen Extremforderungen hinsichtlich Temperatur, mechanischem Verschleiß oder korrosivem Angriff erfüllt werden? Diesen Fragen ging der Sonderforschungsbereich 180 nach. Zielsetzung war es

dabei immer, methodisch systematisch konstruktives Wissen zu erwerben, so daß nicht Speziallösungen - wie oft in der Vergangenheit - sondern richtungsweisende Konzepte allgemeingültige Lösungswege für vielfältige Anwendungen bieten.

Zum Abschluß dieses Sonderforschungsgebietes lud die TU Clausthal, gefördert von der Europäischen Gemeinschaft, vom 20. bis 22. Juli zu einer Konferenz ein, um den industriellen Anwendern und Forschern aus dem europäischen Ausland die gewonnenen Ergebnisse zu präsentieren und offene Fragen zu diskutieren. Die „EuroConference 2000 - ProEnMach“ gliederte sich in fünf übergeordnete Themenbereiche:

Konstruktion verfahrenstechnischer Maschinen

Grobzerkleinerung

Behandlung und Transport von Partikeln und Gasen

Stoffumwandelnde Maschinen (Chemische Reaktoren)

Materialwissenschaften.

In allen Themengebieten konnten für einen fruchtbaren wissenschaftlichen Austausch neben den Referenten der TU Clausthal zusätzlich Fachleute aus dem europäischen Ausland gewonnen werden.

Im Verlauf der Veranstaltung wurde die Möglichkeit geboten, die TU Clausthal und ihre Institute zu besichtigen und den Harz kennenzulernen.

Ein optionaler Besuch der Weltausstellung Expo 2000 rundete die Veranstaltung ab.

Die Europäische Union förderte die Teilnahme an der Konferenz mit einem finanziellen Zuschuß, um so insgesamt zu einer weiten Verbreitung der Kenntnisse beizutragen und die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft zu stärken.

Weitere Informationen:

Institut für Maschinenwesen
Professor Dr.-Ing. Peter Dietz
Robert-Koch-Straße 42
D - 38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel. +49/5323/72-2270
Fax. +49/5323/72 3501
E-Mail: dietz@u-clausthal.de
<http://www.imw.tu-clausthal.de/sfb180/>

Technologiepartner zur Erschließung des Solarmarktes in Kamerun gesucht

SAF - Solair Afric Kamerun ist eine Initiative Clausthaler Studenten. Vor einigen Jahren tat sich die Gruppe kamerunischer Ingenieursstudenten an der TU Clausthal zusammen und analysierte in Studienarbeiten bei Professor Dr.-Ing. Michael Jischa die Einsatzmöglichkeiten von Solarenergie in diesem sonnenreichen Land nahe dem Äquator.

Siméon Noa: „Viele unserer Dörfer sind ohne Stromanschluß. Nur mit Solaranlagen könnten Kinder auch abends lernen. Radio und Fernsehen, betrieben mit Solargeräten, erschließen den Zugang zur Welt. Solarenergie wäre ein wesentlicher Beitrag zur Entwicklung unseres Landes. Licht ist wichtig zur Verbesserung der Lebensbedingungen.“

Nun hat Solair Afric einen weiteren Schritt nach vorn getan und sucht, um den Erfolg auszubauen, Kooperationspartner für den Technologietransfer. Seit November letzten Jahres bis Mitte Mai war Siméon Noa in Kamerun und stellte, unterstützt von der „Niedersächsischen Lottostiftung“ e.V. und der Göttinger „Initiative - Menschen in Einer Welt“ e.V., kleine tragbare Solarleuchten auf vielen regionalen und lokalen Messen aus. Siméon Noa führte Gespräche mit der Regierung und den Spitzen in Wirtschaft und Gesellschaft. Alle Rechtsfragen der Einfuhr und der Entzollung der Solargeräte konnten im direkten Gespräch mit dem kamerunischen Minister für Energie gelöst werden. In Yaounde, der kamerunischen Hauptstadt, hat Solair Afric eine kleine Werkstatt eingerichtet. Jugendliche erlernen, Solargeräte zu montieren. „Und wir zeigen den Menschen in einer kleinen Ausstellung, wie die Anlagen funktionieren“, erzählt Siméon Noa. Während des zurückliegenden halben Jahres intensivierte Siméon Noa seine Kontakte zu zahlreichen Selbsthilfegruppen in Kamerun.

„Es gibt beispielsweise Frauenkreise, die unsere Anlagen, unterstützt von der Regierung oder Ent-



Jugendliche lernen in der Werkstatt von Solair Afric Yaounde, die Solargeräte zu montieren.

wicklungshilfeorganisationen, erwerben könnten“, berichtet er und ergänzt: „Wir fanden große Aufmerksamkeit für die Solarenergie. Zuvor war sie in Kamerun nahezu unbekannt. Zahlungskräftige Kunden bedrängen uns. Sie wollen möglichst bald größere Anlagen erwerben.“

Nun werden Technologiepartner gesucht, die gemeinsam mit Solair Afric Solaranlagen in Kamerun betreiben wollen und sich aktiv am Aufbau von Schulungszentren zur Montage von Solaranlagen in Kamerun beteiligen möchten. Siméon Noa: „Die Situation ist günstig. Die kamerunische Regierung hat gerade ein finanziell gut dotiertes Programm zur Einführung der Solarenergie in Kamerun aufgelegt.“

Weitere Informationen:

Siméon Noa
SAF - Solair Afric Kamerun
Leibnizstr. 20/29
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel./Fax: 05323 14 65
e-Mail: solairafrik@yahoo.com

und:
Initiative - Menschen in einer Welt
Dipl. Phys. Josef Decker
Im Knick 10
37539 Windhausen
Tel. 05327 4310

Anzeige



DIE Tanne

Hotel „Die Tanne“,
Wilhelm Robben,
Bäringer Straße 10,
38640 Goslar,
Tel. (0 53 21) 34 39-0,
Fax (0 53 21) 34 39 34

Sie schlafen in ruhiger Lage der Goslarer Altstadt und frühstücken am reichhaltigen Buffet. Entspannen und erholen Sie sich in unserem familiär geführten Haus mit freundlicher Atmosphäre.

- 7 Einzel- und 16 Doppelzimmer, sehr gepflegt, hell, gemütlich und geschmackvoll eingerichtet
- Alle Zimmer verfügen über Bad/WC oder Dusche/WC, Kabel-TV, Minibar und Selbstwahltelefon
- Wir informieren und beraten Sie gern über Entdeckungs- und Erlebnistouren in Goslar und Umgebung



Eine vorsichtige Annäherung und Erinnerung an Deutschlands furchtbare Vergangenheit

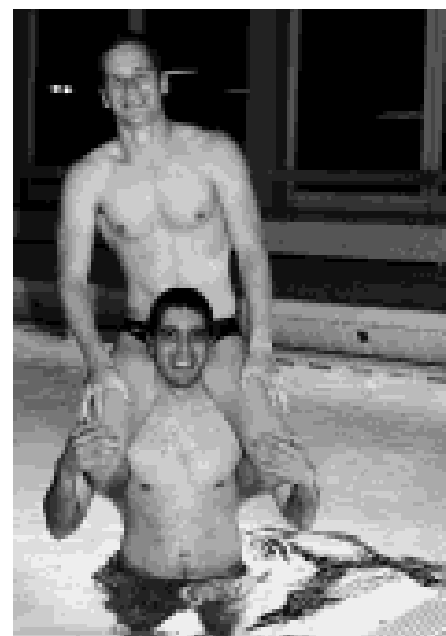
„Hier in Clausthal-Zellerfeld habe ich zum ersten Mal mit einem Palästinenser gesprochen“, erzählt Zohar Shinar. Der Student der Elektrotechnik und Reserveoffizier der israelischen Luftwaffe ist in diesem Sommer im Rahmen des studentischen Austauschprogramms IAESTE für zwei Monate zu Gast an der TU Clausthal gewesen. „In Israel gehe ich nie in die vornehmlich von Palästinensern bewohnten Gebiete. Hier bin ich auf neutralem Boden, und so konnten wir miteinander sprechen“, ergänzt er. „Der Kontakt mit Menschen aus anderen Ländern, ihren Lebensstil und ihre Anschauungen kennenlernen und erfahren, wie sie über Israel denken, das war für mich die wichtigste Erfahrung während meines Deutschlandaufenthaltes“, sagt Zohar Shinar.

Seine Familie stammt aus Polen. Sein Großvater lebte in einem jüdischen Ghetto in einer kleinen polnischen Stadt. Die Nazis zwangen ihn, den Stacheldrahtzaun um das Ghetto zu ziehen. Mit anderen Jugendlichen faßte er den Entschluß zu fliehen. „Und es war für meinen Großvater besonders hart, daß er niemandem, auch keinem Familienangehörigen, bis zwei Stunden vor der tatsächlichen Flucht von dem Plan erzählen durfte“, erinnert sich Zohar Shinar an die Berichte seines Großvaters. „Bis auf meinen Urgroßvater sind alle meine Familienangehörigen schon während des Ausbruchversuches getötet worden. Nur mein Großvater kam durch. Er hat als Partisan in

Polen gegen die Nationalsozialisten gekämpft. Nach dem Krieg wanderte er nach Israel aus und verteidigte den jungen jüdischen Staat 1948, als die arabischen Staaten Israel am Tag nach der Staatsgründung überfielen.

Mit Zohar Shinar war der Informatikstudent Eldad Levy aus Rishon-el-Zion, einem Ort in der Nähe Tel Avivs, in diesem Sommer in Clausthal-Zellerfeld. Er berichtet von dem schwierigen Miteinander der Juden in Israel: „Eine Konfliktlinie ist die religiöse: säkular, weltliche Juden und orthodoxe. Eine zweite Trennungslinie verläuft zwischen dem hochgebildeten Ashkenazy-Establishment, deren Mitglieder bislang weitgehend das Land regierten, und Juden, die aus Afrika oder Fernost nach Israel kommen. Sie gehören traditionell zu den Unterschichten in Israel. Und mit dem neuen israelischen Präsidenten Moshe Katsav ist zum ersten Mal ein Vertreter dieser Nationalitäten in die Regierungsverantwortung gewählt worden. „Und mit ihm ist das Thema der innerjüdischen Gerechtigkeit ganz oben auf der politischen Themenliste angesiedelt.“

Tel-Aviv, die Stadt an der Mittelmeerküste, aus der die beiden kommen, wirbt mit dem Slogan für sich, eine 24-Stunden-Stadt zu sein. Vergnügen, Freizeit und Spaß rund um die Uhr. Da ist Clausthal-Zellerfeld natürlich ein Kontrast. „Für zwei Monate genießen wir das“, sagen beide übereinstimmend. „Im August war es warm. Die Natur ist hier sehr schön, wir gehen gerne schwimmen. Abends nach der Arbeit im Insti-



Nach präziser Ingenieursarbeit – Freizeitvergnügen im Clausthaler Hallenbad: Zohar Shinar auf den Schultern von Eldad Levy.

tut in Ruhe ein Buch lesen oder andere IAESTE-Studenten treffen, und am Wochenende reisen, das war unser Rhythmus“, sagt Eldad Levy. ■



Die frisch gebackenen Gesellen der TU mit Ausbildern, Kanzler Dr. Peter Kickartz und Personalratsvorsitzendem Wolfgang Czesla.

Text und Bild: Helga Meier-Cortés

Frischgebackene Gesellen verabschiedet

TU-Kanzler Dr. Peter Kickartz und der Vorsitzende des Personalrates Wolfgang Czesla verabschiedeten die Buchbinderin Diana Matschulat (Universitätsbibliothek, Ausbilderin Karin Quaa), den Industriemechaniker Frank Schulze (Institut für Metallurgie, Ausbilder Frank Koch), den Industrieelektroniker Peter Reinke (Institut für Nichtmetallische Werkstoffe, Ausbilder Klaus-Dieter Schütz) und die Maschinenbaumechaniker Kai Riesen (Institut für Elektrische Informationstechnik, Ausbilder Hans-Gerd Heisenberger)

und Christian Becker (Institut für Reibungstechnik und Maschinenkinetik, Ausbilder Klaus Eisfelder).

Insgesamt 22 Auszubildende haben in diesem Jahr an der Hochschule eine qualifizierte Berufsausbildung erfolgreich abschließen können. Personalratsvorsitzender Czesla dankte der Hochschulleitung und den Instituten, dass 13 Auszubildende ein befristetes Arbeitsverhältnis erhalten haben, so daß die Übergangsphase (Bundeswehr, Zivildienst etc.) erleichtert wird. ■

Clausthaler Forschungsroboter wird mit spanischer Hilfe schlauer

Der Clausthaler Forschungsroboter im Institut für Elektrische Informationstechnik bei Professor Dr.-Ing. Ulrich Konigorski wird zur Zeit mit spanischer Hilfe noch (etwas) intelligenter. Gonzalo González Rodriguez, Ingenieursstudent von der Universität Vigo im fünften Studienjahr, arbeitete für zwei Monate im Clausthaler Team an der Fernsteuerung des Roboters per Internet mit.

Noch ist die Versuchsanordnung einfach. Durch eine Glaswand und eine Sicherheitstür getrennt, „spielt“ der orangefarbene, fast drei Meter große Industrieroboter Flipper: Mit schnellen Bewegungen ergreift er die Abschußfeder, zieht sie sacht nach hinten und läßt los. Der Tischtennisball saust die Rampe hinauf und läuft auf einer schiefen Ebene zwischen einem Labyrinth aus Nägeln in eines der fünf Auffangtore. Jetzt gerät der Roboter ins „Schwitzen“. Die Aufgabe lautet: Erkenne, wo die Kugel ist, ergreife sie behutsam, hebe sie an, transportiere sie über die gesamte Tischplatte und lege sie auf einem daumendicken Stift exakt ab. Oberhalb seines Greifers trägt der Roboter eine Kamera. Das ist sein Auge. Ein Bilderkennungs- und Steuerungssystem hinter der Kamera ist das „Gehirn“. Der Roboter muß die weiße Kugel vor dem grauen Hintergrund der Tore ausfindig machen, die Information, da ist die Kugel (!) in eine erneute Armbewegung übersetzen, die Kugel schnappen und an der gewünschten Stelle ablegen. Eine zweite Kamera schaut dem Roboter - als stiller Beobachter - dabei zu. Dieses Bild wird per Internet übertragen. Gonzalo González Rodriguez sieht es auf seinem Rechner und kann hilfreich eingreifen, falls der Roboter ins Stocken gerät. Er teilt dem Roboter in Maschinensprache mit, was er tun soll, und dieser bewegt sich an die richtige Stelle, bis er ohne menschliche „Hilfe“ seine Aufgaben wieder alleine lösen kann.

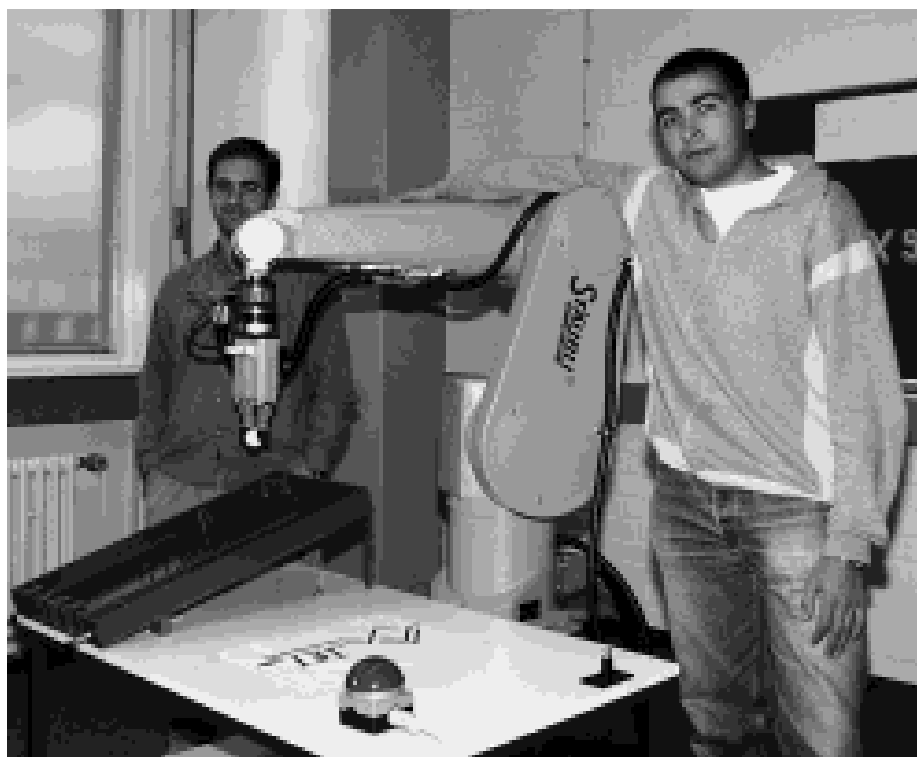
Die Vision dieser Forschungsanstrengung könnte etwa lauten: Betrieb einer Anlage und die Steuerung der Apparatur sollen räumlich weit getrennt von einander möglich werden. Dabei sollen zukünftig auch sensorische Informationen, wie beispielsweise Kräfte, Temperaturen, usw. an den Bediener zurückgegeben werden. An dem Mosaikstein der Maschinensprache, in welcher der Roboter per Internet bedient werden soll, einem Java-Programm, arbeitete Gonzalo Gonzalez Rodriguez.

In der Woche konzentriert er sich auf seine Entwicklungsaufgabe, am Wochenende „tankt“ er Kultur und Lebensgefühl der großen Städte: „Ich war in Hamburg, Hannover, Berlin, Münster, Aachen, Prag und Kopenhagen“, berichtet er. Und welche Stadt war die schönste? „In Berlin könnte ich leben. Prag, Prag ist die schönste“, antwortet er ohne Zögern.

Mit ihm im Institut ist David Guerrero Dualde

von der Technischen Universität Valencia. Letztes Jahr war er mit dem europäischen Studentenaustauschprogramm IAESTE im norwegischen Trondheim, dieses Jahr in Clausthal-Zellerfeld. David Dualde erzählt: „Die Möglichkeit in den Sommersemesterferien im Ausland zu arbeiten,

Ingenieursstudium angefertigt werden müssen, bringen einen großen Praxisanteil ins Studium.“ An der Universität Vigo studieren insgesamt 30.000 junge Menschen, 1200 davon Maschinenbau. „Im ersten Studienjahr waren wir 400. Eine harte Auslese wird über strenge Prüfungen vollzo-



Gonzalo Gonzáles Rodriguez (rechts im Bild) trainiert das (kleine) „Gehirn“ des Roboters. Mit ihm im Institut: David Guerrero Dualde.

ist phantastisch. Ich lerne Menschen aus vielen Ländern kennen. Als IAESTE-Student sind zur Zeit Israelis, Brasilianer, Griechen, einfache Menschen aus sehr vielen Ländern zu Gast an der TU Clausthal. Andere Kulturen kennenlernen, in sie eintauchen, das ist sehr schön und wird mir auch später in Spanien helfen. Spanische Firmen legen Wert auf Auslandserfahrung.“ Verblüfft hat ihn, daß die Deutschen das Mittagessen als schiere Notwendigkeit begriffen. Abfüttern und zurück ins Labor. „Bei uns in Spanien nehmen wir uns Zeit. Man spricht mit Freunden. Das ist Genuß.“

Gonzalo Gonzalez Rodriguez sind Unterschiede in der Studienorganisation zwischen Deutschland und Spanien aufgefallen. „In Spanien müssen wir in zeitlicher rascher Abfolge festgelegte Prüfungen absolvieren. Das ist in Deutschland viel freier. Hier kann ich im Hauptstudium selbst meine Schwerpunkte setzen. Das gefällt mir. Die zwei Studienarbeiten, die in Deutschland im

gen. Aber auch danach gibt es an meiner Universität nicht eine so intensive Betreuung der Studenten wie in Clausthal“.

Bedauerlich war der viele Regen im Juli, und für das spanische Temperament hält Clausthal-Zellerfeld nicht gerade übermäßig viel bereit. Sie nahmen es positiv: „Wir konnten uns auf unsere Arbeit konzentrieren und am Wochenende sind wir viel unterwegs.“

Weitere Informationen:
Dipl.-Ing. Jürgen Winkelhake
Institut für Elektrische Informationstechnik
Leibnizstraße 28
D-38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: +49 5323/72-2764
Fax: +49 5323/72-2581
e-mail: juergen@iei.tu-clausthal.de
<http://www.iei.tu-clausthal.de/forsch/Welcome.shtml.de>

*Miriam Siemer gewann bei „Jugend forscht“ –
der Preis: vier Wochen Praktikum an der TU*

Über's Reifenrecycling nach Clausthal

Von Maximilian Kall



Miriam Siemer: „Das ist hier eine ganz andere Dimension. Die Möglichkeiten hier im Labor sind nicht mit der Schule vergleichbar“.

Bewaffnet mit Gummihandschuhen und Schutzbrille, in einen weißen Kittel gekleidet, steht Miriam Siemer am Experimentiertisch, umgeben von Chemikalien, Versuchsapparaturen und Reagenzgläsern. Das Labor des organisch-chemischen Instituts der TU Clausthal ist für vier Wochen ihr zweites Zuhause. Miriam Siemer hat vor einem Jahr den Sonderpreis Chemie bei „Jugend forscht“ gewonnen. Der Preis: Ein vierwöchiges Praktikum an der TU. „Bereits im vergangenen Jahr hätte das Praktikum angestanden, doch ein USA-Urlaub stand im Weg“, erzählt die 19-jährige.

Ihr Abitur hat Siemer erst seit wenigen Tagen in der Tasche. Am 1. Juli gab's das Zeugnis – nach 13 Jahren Gymnasium in Bersenbrück bei Osnabrück. Ihr Weg zur Chemie war steinig. Ihr Chemielehrer mußte sie zum Einstieg in die

Oberstufe überreden, einen Chemie-Leistungskurs (LK) zu wählen. „Der wäre sonst nicht zustande gekommen“, erinnert sich Miriam Siemer. So hat sie Biologie schnell abgeschüttelt und sich vollkommen auf Chemie konzentriert, die ihr, wie sie sagt, großen Spaß gemacht hat. Sieben Leute plus Lehrer kauten in drei Jahren die Grundzüge der Schulchemie, von der Elektrochemie, über das Ausrechnen von Stoffkonzentrationen bis hin zu Zucker und Fetten durch. „Die Praxis ist mein Metier, und die ist nie zu kurz gekommen“, erzählt die Abiturientin.

Über den Chemie-LK kam auch die Teilnahme am Wettbewerb „Jugend forscht“. „Unser Lehrer hat uns motiviert“, erklärt Siemer. „Mit einer kleinen Gruppe haben wir uns verschiedenste Konzepte und Ideen durch den Kopf gehen lassen.“ Ihre ländliche Gegend habe dann den Denkanstoß gegeben. „Die Silos auf den

Höfen bei uns sind von alten Reifen nahezu übersät“, sagt sie. „Warum sollen diese Reifen alle umweltfeindlich entsorgt werden, anstatt sie umweltfreundlich zu recyceln?“ So entwickelte das Team in den Schulferien eine Methode, welche den Reifen wieder in seine „Einzelteile“ zerlegt. „Das Kautschukgebilde wird unter Sauerstoffausschluß erhitzt. Öle und Gase bleiben als Reaktionsprodukt zurück. Die Öle sind Grundstoffe für neue Reifen.“ In diesen drei Sätzen versucht Miriam Siemer das Forschungsergebnis von vier Ferienwochen harter Laborarbeit zusammenzufassen. Dabei hat das Team eng mit Reifenproduzenten zusammengearbeitet. „Man hat uns beispielsweise den chemischen Aufbau des Kautschuk offenbart“, erzählt Siemer. Die Wissenschaftler bei „Jugend forscht“ versuchten, das Team zu weiteren Experimenten, zur weiteren Erforschung einer solchen Recyclingmethode zu bewegen. „Doch für uns alle stand das Abi ins Haus, da war nichts mehr drin“, meint die Abiturientin bedauernd. „Schade eigentlich.“

Am drittem Juli kam sie in Clausthal-Zellerfeld an und schlug ihre Zelte in der „Akademischen Sportverbindung Barbara“ auf. Im Institut für Organische Chemie arbeitet sie in der Forschungsgruppe von Privatdozent Dr. habil. Andreas Kirschning. Das Team entwickelt ein chemisches Fließband zur Herstellung von potentiellen Medikamenten gegen Krebs. „Die Möglichkeiten hier im Labor sind nicht mit der Schule vergleichbar“ - die Chemiebegeisterte spricht von einer „ganz anderen Dimension“. In der Schule habe sie nicht „mal eben Kunststoffe mit Diacetoxijodbenzol reagieren lassen, sondern mit Stoffen experimentiert, von denen auch der Laie irgendwann schon mal etwas gehört haben könnte...“. Doch wer denke, die Uni wäre eine noch grausamere „Formelreite-reiorganisation“ als das Gymnasium, werde Lügen gestraft. „Hier geht's locker, wenig formell ab“, sagt Miriam Siemer. Dies sei ein „Spaßfaktor“ für sie. Zudem bliebe in ihrem Institut das „müssen“ auf der Strecke und werde von einem „wir machen jetzt“ ersetzt.

Besonders gefreut hat sich Siemer, daß sie „unglaublich freundlich“ empfangen worden ist. „Jeder spricht mich an, ‚Hi, wer bist Du, was machst Du hier, kommst Du mit...?‘“, erklärt sie. So hätten Studenten der Fachschaft Chemie sie direkt an ihrem ersten Tag mit in die Mensa genommen. Auch eine Einladung einen Surfschein zu machen, hat Miriam Siemer schon bekommen. Doch, „den hab ich schon“, lacht sie.

An der TU wollte Siemer vor allem praktische Erfahrungen sammeln („wie läuft's in einem Labor ab?“). In Clausthal schnupperte sie erstmals Uni-Luft. Zum Studium zieht es sie an die TU Braunschweig, wo sie Pharmazie studieren möchte. Ein Hang, der in der Familie liegt, ihr Vater betreibt eine Apotheke in ihrem Heimatdorf. „Einzig die ZVS kann meinen Plänen noch einen Strich durch die Rechnung machen“, meint Miriam Siemer. ■

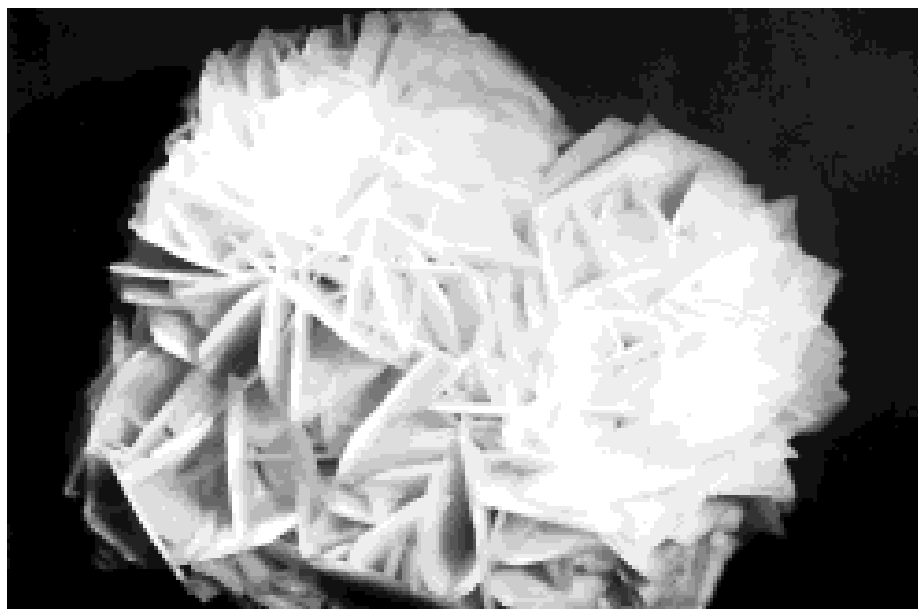
Den Rätself des blauen Planeten in der Clausthaler Geosammlung auf der Spur

Die TU Clausthal hat in ihrer 225-jährigen Geschichte eine der bedeutendsten Mineralien- Lagerstätten- und Fossiliensammlungen Deutschlands sukzessive zusammengetragen. Sie ist ein notwendiger Bestandteil der Ausbildung von Bergleuten und Geologen. Auf der Suche nach Lagerstätten, seien es Gold oder Erdöl, sind Fossilien, Gesteine und Minerale „Hinweisschilder“. Nach den im Sommer 1999 abgeschlossenen umfangreichen Umbauarbeiten wurde nunmehr eine räumlich erweiterte Geosammlung im Hauptgebäude der TU Clausthal (Adolph-Roemer-Straße 2A) gestaltet, welche die zuvor in Clausthal nur schwer zugänglichen Themen der Erd- und Lebensgeschichte und der Naturgeschichte des Harzes sowie die bisherigen Mineralogischen Ausstellungen einschließt. Die Geosammlung möchte einem breiten Publikum geowissenschaftliche Sachverhalte und Zusammenhänge, aber auch an der TU Clausthal erzielte Forschungsergebnisse aus den Geowissenschaften in didaktisch eingängiger Form präsentieren.

Die Mineralogischen Sammlungen nehmen mit einem Bestand von mehr als 120.000 Stücken in der Bundesrepublik Deutschland eine Spitzenposition ein; ca. 8000 Mineral- und Erzstücke sind in den Ausstellungsräumen öffentlich zugänglich ist.

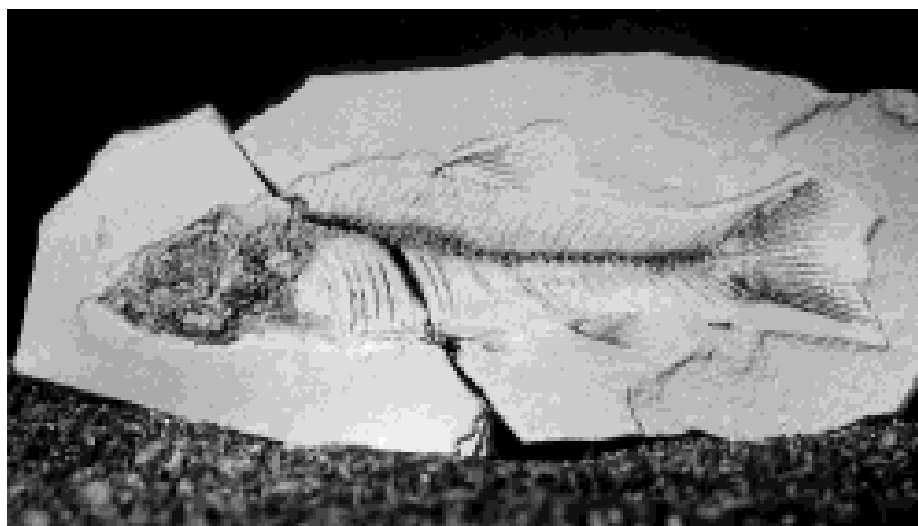
Während dabei der Charakter einer Lehr- und Forschungssammlung für die mineralogischen Sammlungsteile erhalten bleibt, sind die übrigen, neuen Ausstellungsthemen allgemeinverständlich konzipiert worden. Die fossilen Exponate werden zusätzlich vielfach durch Modelle oder rezente Verwandte veranschaulicht.

Wer möchte durch 4,2 Milliarden Jahren Erdgeschichte „spazieren“? Wer möchte dem Silber zuschauen, wie es aus dem Berg „hervorwuchs“? „Auge in Auge“ mit 500 Millionen Jahren alten Tieren, die Geschichte vom chitingestärkten Panzertier, den Trilobiten, bis zu den Hominiden, unserem Vorfahr mit den dichten Augenbrauen und der platten Stirn, zum Ausgleich für Leichtgewicht in puncto Gehirn, kräftige Muskeln, dem Neandertaler, Revue passieren lassen? An der ausgestellten Schädeldecke unseres 15 Millionen Jahre alten Stammvaters, des Australopithecus, erkennt jeder im Vergleich zum mit ausgestellten Orang Utan- und Gibbonaffen Schädel, „wir“ waren vielleicht nur etwas schlauer als unsere nächsten Verwandten. Aber in der neueröffneten Geosammlung der TU Clausthal können wir, mit unserem, nun etwas größeren, Gehirn ausgestattet, staunend im Buch der Natur lesen.



So spielt die Natur mit Formen: Calcit.

Foto: Dr. Alfred K. Schuster



Vor drei Millionen Jahren „entschied“ dieser Fisch sich, ein Fossil zu werden. Eine Schleie aus dem Ober-Pliozän, Jüngstes Tertiär.

Foto: Dr. Alfred K. Schuster

Weltberühmte Mineraliensammlung mit erschlossen

120.000 Stücke zählt die Mineraliensammlung insgesamt inklusive der Archivbestände. Damit gehört sie, neben Freiberg und Bonn, zu den bedeutendsten Sammlungen in Deutschland.

Herausragend ist ihre Bedeutung auf den Gebieten der Erze und nichtmetallischen mineralischen Rohstoffe. Sie enthalten viele Stücke aus

längst erschöpften und aufgelassenen Gruben. 5000 Exponate von etwa 1.100 Mineralarten werden in der Sammlung gezeigt.

Der Besucher kann sich von der Schönheit und dem erfinderischen Formenreichtum der Natur bei der Bildung der Minerale schlicht faszinieren lassen oder in die wissenschaftliche Systematik der Mineralbildung, der Ordnung der Natur, eindringen. Von Mineralen, die nur aus einem Element bestehen bis hin zu den kom- ►

plizierteren Strukturen der Ring- und Gerüst-silikate.

Warum sind einige Mineralien plattig angeordnet, andere faserig oder radialsymmetrisch? Wie die Natur Druck, Temperatur und Mischung der Gesteinsschmelze variiert und so diesen Formenreichtum ermöglicht, zeigt die Ausstellung an den einzelnen Probestücken quasi wie in einem Film. Die systematische Sammlung enthält etwa ein Drittel aller auf der Erde vorkommenden Mineralarten.

Für die neue Geosammlung wurden aus einem Gesamtbestand von 25.000 Proben ca. 1000 besonders prächtige Mineralstufen und typische Erze der verschiedenen Bergbauregionen des Harzes ausgewählt. Schautafeln erläutern die Bildungsgeschichte der Erze des Harzes, nicht in Fachtermini, sondern dank zahlreicher Abbildungen intuitiv erfassbar. Die Ausstellung erzählt von der Vereisung am Harzrand, illustriert, woher die Findlinge auf ihrer langen Reise aus dem Norden kamen, zeigt Abdrücke drei Millionen Jahre alter Fische und deckt die Spuren der Wasserströmung längst verschwundener Meere in Sandsteinen auf - die Geosammlung bietet für jeden, der die Rätsel des blauen Planeten verstehen will, eine Fülle an Eindrücken.

*Die Geosammlung
Technische Universität Clausthal
Adolph-Roemer-Straße 2A
38678 Clausthal-Zellerfeld*

*Öffnungszeiten:
Dienstag bis Freitag: 9.30 - 12.30 Uhr und 14.00 - 17.00 Uhr
Samstag: 14.00 - 17.00 Uhr
Sonntag: 10.00 - 13.00 Uhr
Montags und an gesetzlichen Feiertagen geschlossen*

*Eintrittspreise:
Erwachsene: 3 Mark (1,50 Euro)
Studenten, Schüler, Behinderte: 2 Mark (1 Euro)
Schülergruppen (Schulklassen) 1 Mark (0,5 Euro)*

*Ausstellungen der Geosammlung:
Mineralogische Sammlungen
Mineraliensammlung
Harzsammlung
Lagerstättenammlung
Erd- und Lebensgeschichte
Naturgeschichte*

Begleitend zur Sammlung ist ein für den Laien geschriebener, reich bebildeter, ausführlicher Sammlungsführer erschienen, der zum Preis von 10 Mark in der Sammlung erworben werden kann. ■

Clausthaler Geo-Wochenende

Von Prof. Dr. Wolfgang Blendinger und Dr. Wolfgang Debschütz

Schülerinnen und Schüler der Oberstufe verschiedener Gymnasien aus Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Hessen, Sachsen-Anhalt und Thüringen nahmen am Samstag, 17.6., und Sonntag, 18.6., an einer Informationsveranstaltung teil, die vom Institut für Geophysik und dem Institut für Geologie und Paläontologie angeboten wurde. Zweck der Zusammenkunft war eine praktische Einführung in die geowissenschaftlichen Studiengänge an der Technischen Universität Clausthal.

des Hüttenplatzes mit seinen Hüttenöfen und wasserbaulichen Anlagen. Zur Standortbestimmung der Hüttenöfen wurde zunächst eine magnetischen Kartierung durchgeführt, in der sich die Standorte der Hüttenöffnen als eine nord-süd orientierte Positiv-Negativ-Anomalie abzeichnen. Durch Profilmessungen des komplexen elektrischen Widerstands über die Hüttenöfen lassen sich Bereiche höherer Polarisierbarkeit ausmachen, die auf einen oberflächennahen (<2m) erhöhten Metallgehalt schließen lassen. Durch ergänzende Bodenradarmessungen auf



Prof. Weller demonstriert den Schülern die Messung des komplexen elektrischen Gesteinswiderstands mit einer mehrkanaligen Apparatur des Typs Phoenix V-5 im Frequenzbereich 0.25 - 4 Hz.

Da Geowissenschaftler die Struktur und Zusammensetzung des Erdkörpers erforschen, liegt naturgemäß ein Schwerpunkt der Ausbildung in Aufenthalt im Gelände. Dies unterscheidet die Geowissenschaften von den meisten anderen Studiengängen, und somit war der Ablauf des Seminars schon vorgezeichnet.

Bei schönstem Sonnenschein bildeten sich, je nach persönlichen Präferenzen, zwei Gruppen.

Die geophysikalisch interessierten führten Geländearbeiten auf einem mittelalterlichen Hüttenplatz der Walkenrieder Zisterzienser aus, der bereits seit einiger Zeit vom Institut für Geophysik geophysikalisch untersucht wird. Ziel der Arbeiten ist eine flächendeckende Rekonstruktion

dem gleichen Profil konnte auch die Tiefenerstreckung des Hüttenofenstandplatzes abgeschätzt werden.

Oberhalb des eigentlichen Hüttenplatzes wurde mit seismischen Messungen versucht, die Existenz eines Vorstaubeckens zur Versorgung der Wasserräder nachzuweisen. Zum Einsatz kam hierbei eine seismische Methode, die ihre Information aus der Dispersion von Oberflächenwellen bezieht, also aus der Frequenzabhängigkeit von Eindringtiefe und Ausbreitungsgeschwindigkeit dieses Wellentyps.

Der Meßtag endete mit der Registrierung eines realen Erdbebens an der seismologischen Station des Instituts. Aus der analogen Schreiber- ►

aufzeichnung konnte der zeitliche Abstand der registrierten p- und s-Wellen abgelesen und überschlägig der Herdwinkel (Herdentfernung in °) zu ca. 20° abgeschätzt werden. Da die Richtung des Erdbebens mit einer Station nicht bestimmbar ist, kam zunächst, aufgrund der Herdentfernung, sowohl ein Erdbeben in der Türkei als auch am mittellatlantischen Rücken in Frage. Erst die Auswertung aller zugänglichen deutschen seismologischen Stationen konnte am Sonntag den Nachweis liefern, daß es sich um ein Beben in Island gehandelt hatte.

Neben der praktischen Anwendung der Geophysik in der Archäometrie konnte somit auch die klassische Seismologie als Teilgebiet der Geophysik an einem aktuellen Beispiel demonstriert werden.

Die geologisch interessierten brachen zu einem großen Steinbruch bei Elbingerode auf, um dort einen generellen Überblick in den lagigen Aufbau von Sedimentgesteinen zu bekommen. In den Kalken des Devon konnte die Bankung des Gesteins und verschiedene Fossilien eines tropischen Riffs und seine Zerrüttung als Folge späterer tektonischer Durchbewegung von den Teilnehmern beobachtet werden.

Die zwei Aufschlüsse sollten verdeutlichen, wie ein Sandstein entsteht. Dazu wurde zunächst ein stark verwitterter Granit in der Nähe des Brocken untersucht, der sich durch die Einwirkung der Verwitterung schon stark zersetzt hat und in seine einzelnen, zum Teil in der mineralischen Zusammensetzung veränderten, Bestandteile zerfallen ist. Dieser Gesteinsschutt wird später von Oberflächengewässern transportiert, sortiert und gerundet, und kann schließlich sogar in der Tiefsee abgelagert werden.

Ein solcher Tiefsee-Ablagerungsraum wurde in einem aufgelassenen Steinbruch in der Nähe von Clausthal studiert. Die Schichten des unteren Karbon sind hier tektonisch verstellt und vertikal gelagert. Die Gesteine sind aus sandigen und tonigen Lagen aufgebaut. Sandige Lagen haben die



Diese Gradierung und auch spektakuläre Schleifmarken und Kolkmarken an den Bankunterseiten zeigen an, daß diese Sandsteine innerhalb ganz kurzer Zeit (? Stunden) durch sogenannte Trübestrome in der Tiefsee abgelagert wurden.

größten Körner (meistens Quarz) an der Basis, und die Körner werden nach oben hin immer feiner. Diese Gradierung und auch spektakuläre Schleifmarken und Kolkmarken an den Bankunterseiten zeigen an, daß diese Sandsteine innerhalb ganz kurzer Zeit (?Stunden) durch sogenannte Trübestrome in der Tiefsee abgelagert wurden. Die tonigen Lagen zwischen den Sandsteinen wurden in tausenden bis hunderttausenden von Jahren zwischen einzelnen Trübestromen abgesetzt.

Anschließend wurde die neu eröffnete Geosammlung im Hauptgebäude der Technischen Universität besucht. Dabei beeindruckte besonders die Ausstellung über die Geologie des Harzes und die paläontologische Abteilung.

Der zweite Tag beinhaltete eine kurze Einführung in die Arbeitsmethoden des Geologen und Geophysikers im Labor und schloß mit einer Übersicht über das Studium der Geowissenschaften an der TU Clausthal und den beruflichen Möglichkeiten für Geologen und Geophysiker. ■

Schnupperstudium für Schülerinnen

Hochschule hautnah und authentisch erlebt

Das Frauenbüro der TU Clausthal bot in diesem Jahr bereits zum fünften Mal ein Schnupperstudium für Schülerinnen der 12. und 13. Klassen an. Bei dieser Veranstaltung haben die Schülerinnen die Gelegenheit, Hochschule hautnah und authentisch zu erleben. Die Betonung liegt hier auf „authentisch“, denn das Frauenbüro bemüht sich, nach Möglichkeit keine Sonderveranstaltungen anzubieten, sondern ganz

normalen Hochschulalltag, so daß die Schülerinnen neben der Orientierung über bestimmte Studienrichtungen auch ausprobieren können, wie ein Studium ganz allgemein funktioniert.

Auf diese Weise können eventuell bestehende Ängste oder Unklarheiten beseitigt und anstehende Entscheidungen erleichtert werden. (Studium ja oder nein, welcher Studiengang ist der richtige...)

Im einzelnen heißt das:
Besuch von Vorlesungen
Durchführung von Kurzpraktika
Studentennahes Wohnen
Teilnahme an Freizeitaktivitäten
Informationsmöglichkeiten bei Gesprächsrunden und Institutsbesichtigungen

Für Rückfragen zu dem nächsten Schnupperstudium im Oktober 2001:

*Frauenbüro der TU Clausthal
Leibnizstr. 4A
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel: 05323/72-3106
Fax: 05323/72-3142
E-Mail: frauenbuero@tu-clausthal.de* ■

Ein „Super Lab“ für Kinder – wie nimmt der Körper Traubenzucker auf?

Weshalb gelingt es unserem Körper, Traubenzucker leichter in Energie zu verwandeln als gewöhnlichen Zucker? Warum bricht die Schaumkrone eines frisch gezapften Bieres sofort in sich zusammen, wenn der Rand des Glases mit Fett bestrichen wird? Wie läßt sich der Gärverlauf eines Bieres bestimmen? Wie holt ein Fleckenentferner den roten Kleckser aus dem Tischtuch? Zur Chemie, die uns in Haushaltsprodukten umgibt, wird schon bald das „Clausthaler Super Lab“ Auskunft geben. Es wird ab Frühjahr 2001 Lehrer und Schüler die Möglichkeit eröffnen, mit einfachen Experimenten grundlegende chemische Reaktionen anschaulich nachzuvollziehen.

Das Labor wird sechs bis acht Experimentierplätze enthalten. An jedem Platz wird eine Warengruppe untersucht. Welche Bestandteile enthalten sie? Welche Zusatzstoffe sind beigemischt? Wie kann ich sie nachweisen? „Zur Zeit erstellen wir begleitend auch eine CD-ROM zu diesem Thema. Schülerinnen und Schüler können so in mehreren Schritten von der Produktbeschreibung über die

Versuchsanordnung bis zur Ursachenklärung der Phänomene voranschreiten,“ erläutert Professor Schwedt, Institut für Anorganische und Analytische Chemie, das Konzept der CD-ROM.

Das Projekt wird vom Stifterverband für die deutsche Wissenschaft in seiner Aktion „Wissenschaft im Dialog“ gefördert. Am 17. und 18. September wurde es mit den weiteren geförderten Projekten im Wissenschaftszentrum in Bonn vorgestellt.

Im Juli konnte ein Vertrag mit dem Unternehmen Kosmos unterzeichnet werden. Professor Schwedt erarbeitet die Inhalte für den neuartigen Experimentierkasten. Ende Oktober ist für ihn Abgabetermin. Im Jahr 2001 wird der Kosmos-Experimentierkasten zu Supermarktprodukten für Kinder ab 12 Jahren zu erwerben sein. „Er wird hundert Experimente enthalten“, erzählt Professor Schwedt. „Alle Experimente habe ich selbst ausprobiert. So stehe ich jeden Morgen selbst im Labor. Ich kehre gewissermaßen zu meinen frühesten Anfängen mit der Chemie zurück“, berichtet der Wissenschaftler, dem sein Vorhaben ersichtlich Freude macht. „Ich wähle aus einer großen

Fülle nur diejenigen Versuche aus, die ganz sicher funktionieren und ganz klare Resultate haben.“ Farbreaktionen müssen eindeutig sein, etwa beim Stärkeabbau oder beim Betupfen von Himbeermarmelade auf einem Kaffeefilter mit einer Soda-Lösung.

„In unserem Clausthaler Super-(Markt) Lab-(oratorium) können die Kinder die Phänomene studieren und gewinnen so ein erstes intuitives Verständnis für Chemie. Den Lehrern werden wir in unserem Forschungslaboratorium, eine Tür weiter, die moderne, instrumentelle Analytik zu genau diesen Experimenten erschließen“, schildert Professor Schwedt sein Vorhaben. „Wir denken auch daran, Schülern die Möglichkeit zu eröffnen, ihre Facharbeit bei uns anzufertigen“, berichtet Professor Schwedt von weiteren Plänen.

Weitere Informationen:

Professor Dr. Georg Schwedt

Tel. 05323 72 2209

Fax. 05323 72 2995

eMail: Georg.Schwedt@tu-clausthal.de

Professor Dr. Beck für eine zweite Amtszeit Prorektor für Forschung und Hochschulentwicklung

Das Konzil der Technischen Universität Clausthal wählte in seiner Sitzung am 21. Juni 2000 Professor Dr.-Ing. Hans Peter Beck für eine zweite Amtszeit, beginnend am 1. April 2001 bis 31. März 2003, zum Prorektor für Forschung und Hochschulentwicklung.

Professor Dr.-Ing. Beck kam nach einer 14-jährigen Industrietätigkeit (zuletzt als Leiter der Entwicklung der Entwicklung der Triebfahrzeuge im AEG-Geschäftsbereich Bahntechnik) 1989 an die TU Clausthal.

1947 in Wolfsburg geboren, absolvierte er nach der mittleren Reife in Gifhorn eine Lehre zum Starkstromelektriker. Es schloß sich ein Fachhochschulstudium in Braunschweig-Wolfenbüttel mit der Studienrichtung „Allgemeine Elektrotechnik“ an. Nach dem Examen absolvierte Beck ein Aufbaustudium an der TU Berlin. 1981 wurde er an der TU Berlin mit Auszeichnung zum Dr.-Ing. promoviert. Von 1976 an war Beck bei der AEG-Telefunken in Berlin. Professor Dr.-Ing. Beck ist in zahlreichen Industrievereinigungen und Verbänden aktiv und weist vielfältige Forschungserfahrungen auf. ■



Professor Dr.-Ing. Hans Peter Beck



Nur der Mond hat sich nicht verändert. Der Goslarer Dom – so könnte er einmal ausgesehen haben.

Die Taufkirche Heinrichs III. ersteht im Rechner neu

Der Goslarer „Dom“, die Stiftskirche St. Simon und Judas in Goslar, als Taufkirche Heinrich III. 1051 geweiht, wurde 1820 niedergerissen. Übrig blieb nur eine kleine Vorhalle. Die Erinnerung mußte sich mit Beschreibungen und einigen Zeichnungen, Bildern und Modellen begnügen, die allerdings alle, seien es die von Wallmodem (1728), Ilse (1813) oder Mühlenpfordt (1819) so verdienstvoll und gut sie auch sind, nicht für sich in Anspruch nehmen können, perfekt den wahren, ursprünglichen Bauzustand widerzuspiegeln.

So blieb also nur eine diffuse Erinnerung. Privatdozent Dr. Ing. habil. Dr. rer. nat. Friedrich Balck hat nun die Vorhalle, den einzig verbliebenen „Rest“ des Domes vermessen, die alten Zeichnungen verglichen, auf Plausibilität geprüft, und das Ergebnis im intensiven Austausch mit Wissenschaftlern vom Institut für Bau- und Stadtbaugeschichte der TU Braunschweig in eine Architektenzeichnung des Gebäudes verwandelt. Henning Balck, Henning Haßdorf und Jan Koch übersetzten anschließend diese Darstellung in einen virtuellen Dom.

Die Stadt Goslar wird dieses Geschenk des Rotary Clubs Goslar demnächst in der Kaiserpfalz während touristischer Führungen als besonderes Highlight anbieten.

Dr. Balck: „Wir haben wie ein Puzzle die verschiedenen Überlieferungsstränge und Quellen zusammengefügt und, soweit es ging, Unklarheiten

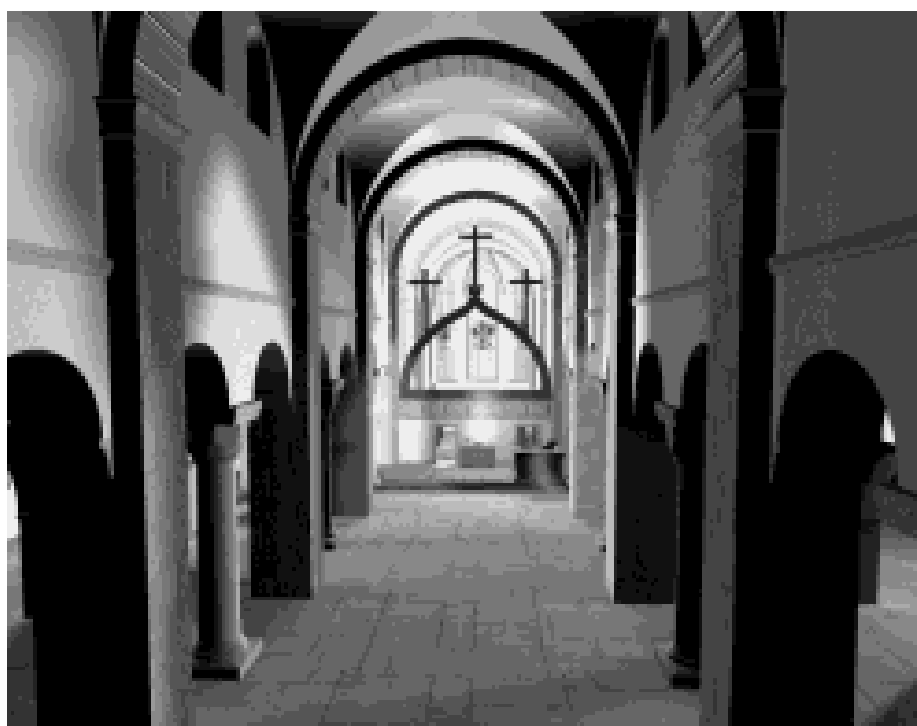
und Irrtümer beseitigt.“ Der virtuelle Dom im Rechner ist vermutlich also „echter“, als das historische Material es für sich in Anspruch nehmen kann. Ein superschneller Rechner erlaubt, in dieser Stifts-

kirche umherzuwandeln und sich umzuschauen. In Echtzeit errechnet die VR-Software die zugehörige Perspektive und der Betrachter bewegt sich in dem virtuellen Dom. Auf der Netzhaut des „Besuchers“ entsteht so eine täuschend echte „Realität“. Dr. Balck: „Wir erheben nicht den Anspruch, daß unsere Darstellung der Stiftskirche die richtige ist. Dafür waren unsere Ausgangsmaterialien zu unvollständig. Aber so könnte es gewesen sein, und die Fachleute zur Baugeschichte, Archäologen und Historiker, haben jetzt ein lebensnahes Modell buchstäblich vor Augen. Und so können wir rückwirkend zusammen die geschichtliche Realität (er-)finden, indem wir sie im Rechner rekonstruieren.“

Spiritus rector der Idee ist der Goslarer Rotarier Dr. Henning Haßdorf, welcher beharrlich die Idee verfolgte und Sponsoren zur Finanzierung finden konnte. Der Präsident des Goslarer Rotary Clubs, Henning Körner, nannte in seiner Eröffnungsrede in der Goslarer Kaiserpfalz die Realisierung des Projektes „Virtueller Dom“ „das Ergebnis einer außergewöhnlich erfolgreichen Zusammenarbeit mit der TU Clausthal, dem Institut für Angewandte Physik und dem Clausthaler Rechenzentrum sowie dem Institut für Bau- und Stadtbaugeschichte der TU Braunschweig“. Henning Körner: „Ohne die wissenschaftliche und technische Unterstützung bei der virtuellen Rekonstruktion seitens der TU Clausthal und die künstlerische Beratung seitens der TU Braunschweig, wäre das Projekt nicht zu realisieren gewesen.“

Weitere Informationen:

PD Dr.-Ing. habil. Dr. rer. nat. Friedrich Balck
Institut für Physik und Physikalische Technologien
Tel. 05323 72 2494/2092
eMail: friedrich.balck@tu-clausthal.de



Ist „hier“ schon Heinrich III. im Jahre 1051 gewandelt?

TU Clausthal virtueller Gastgeber für Forscher von morgen aus aller Welt

Worldwide Young Researchers for the Environment (WYRE): 144 Jugendliche aus aller Welt fiebern dem großen Augenblick entgegen. Vom 16.- 22. Oktober stellen sie auf Einladung der Stiftung Jugend forscht und der Deutschen Bank auf der EXPO 2000 in Hannover im TCM Congress Centrum ihre Projekte für eine nachhaltige Entwicklung im neuen Jahrtausend vor. Eine Jury aus zwölf international renommierten Wissenschaftlern ermittelt unter den 102 gezeigten Arbeiten die besten Projekte, bevor in einer Abschlußveranstaltung hochrangige Persönlichkeiten des öffentlichen Lebens die Preise überreichen.

Die Infrastruktur für den Kontakt der Jungforscher untereinander legte die TU Clausthal. Im Rechenzentrum der Universität wird von Dr. Stanislav Sarman der WWW-Server gepflegt (<http://www.wyre.org>). Alle Teilnehmer werden mit ihren Arbeiten und der Kontaktadresse vorgestellt und können ihre Projekte so untereinander verknüpfen und Anregungen und Ideen austauschen.

Die TU Clausthal engagiert sich seit langem intensiv in der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Sie richtet den Landeswettbewerb Jugend forscht aus, schreibt Forschungspraktika für Jungforscher aus und betreute viele Jahre den „Jugendforscht“-Server.

Inhaltlich verbindet die TU Clausthal vieles mit der WYRE-Initiative. Die forschungsstarke Uni (DFG-Ranking 2000, Platz 1 Forschungsgelder/pro Wissenschaftler) ist auf dem Gebiet der Umweltfor-

schung höchst aktiv. In unmittelbarer Nachbarschaft die Clausthaler Umwelttechnik Institut GmbH, im Jahre 1990 aus der TU Clausthal hervorgegangen, arbeitet auf dem Gebiet der Vermeidung, Verminderung und Verwertung von Abfällen. Die TU Clausthal - mit einem Ausländeranteil von 18 Prozent und über 60 internationalen Partnerschaften mit Universitäten in Europa, Asien und Lateinamerika einer der internationalen Universitäten in Deutschland - kann die Wissenschaftler von morgen heute in ein Netzwerk weiterführender Kontakte einbetten.

Und so wie die TU Clausthal nun virtueller Gastgeber der Forscher aus aller Welt von morgen ist, ist sie es heute für die gegenwärtigen Spitzenforscher aus dem Ausland. Die Alexander von Humboldt Stiftung fand heraus: Unter den zehn Universitäten mit dem höchsten Anteil an Humboldt-Stipendiaten nimmt die TU Clausthal, pro Professor gerechnet, den vierten Platz ein.

Zusätzlich zum Weltwettbewerb auf der EXPO 2000 „Mensch - Natur - Technik“ im TCM-Gebäude, dem Congress Centrum, vom 18. - 21. Oktober ist WYRE auch im Themenpark „Umwelt“ auf der EXPO mit sechs Exponaten vertreten.

Weitere Informationen:

WYRE - Stiftung Jugend forscht e.V.

Presse und PR: Brita Hemme

Baumwall 5

D-20459 Hamburg

Tel.: +49-40-37 47 09 - 77

Fax: +49-40-37 47 09 - 79

E-mail: wyre@wyre.org

Nordharzer
Druckerei
Film



So wie Ailim Schwambach (17) und Karen Regina Elias (19) den Gewässerschutz in Brasilien einsetzen, finden auch die 142 Teilnehmer Lösungen für Umweltprobleme der menschlichen Zivilisation auf unserem Planeten. Das virtuelle Netzwerk unterstützt sie dabei.

Beteiligung der TU Clausthal an dem Projekt der EXPO 2000 „Internationale Frauenuniversität“



Das Oberharzer Bergwerksmuseum informierte die Teilnehmerinnen der Internationalen Frauenuniversität über die Arbeits- und Lebensbedingungen im Harzer Bergbau vom Mittelalter bis zum Ende des 19. Jahrhunderts

Das dreimonatige weltweite Projekt der internationalen Frauenuniversität auf der Weltausstellung in Hannover hat rund 900 Teilnehmerinnen aus 115 Ländern ein fachübergreifendes Lehr- und Forschungsprogramm zu den Themengebieten „Arbeit“, „Information“, „Körper“, „Migration“, „Stadt“ und „Wasser“ durch nahezu 230 internationale Dozentinnen geboten.

Die Technische Universität Clausthal führte in diesem Rahmen vom 31. Juli bis zum 10. August Lehrveranstaltungen zu Aspekten des Projektbereiches „Arbeit“ durch.

Bei der Eröffnungsveranstaltung am 31. Juli in Hannover begrüßte der Prorektor für Studium und Lehre der TU Clausthal, Professor Dr. Thomas Hanschke, die rund 100 Teilnehmerinnen, viele davon aus Osteuropa und der dritten Welt, und betonte in seiner Ansprache, daß sich in Zukunft der globale Wettbewerb nicht nur auf Marktanteile sondern vermehrt auch auf Fachkräfte ausweiten werde. Aufgrund des Fachkräftemangels in den technischen Berufen könnten sich ganz neue Karriereperspektiven für Frauen ergeben. Voraussetzung hierfür sind natürlich Rahmenbedingungen, die es den Frauen ermöglichen, ihrer Verantwortung in Beruf und Familie in gleichem Maße nachzukommen. Zum andern müßten Schulen, Universitäten und Berufsverbände ihre Anstrengungen verstärken, Frauen für die Ingenieurwissenschaften zu begeistern.

Anschließend erläuterte Altrector Professor Dr. Georg Müller als Einführung in die Thematik die Entwicklung Clausthal-Zellerfelds und der Universität aus der Geschichte des Bergbau im Harz.

Unter den Arbeitstiteln „Die Sozialgeschichte

der Frauenarbeit am Beispiel des Bergbaus - exemplarische Vergleiche zwischen Deutschland und Osteuropa“ und „Aktuelle Berufschancen für qualifizierte Ingenieurinnen“ erarbeiteten die Teilnehmerinnen aus einem historischen und regionalen Vergleich anhand der Berufsfelder im Bergbau Bewertungskriterien für die Arbeits- und Lebenssituation von Frauen in männlich dominierten Berufen.

Ziel dieser Analyse ist, langfristig die Arbeitsbe-

dingungen von Frauen in typischen Männerberufen (u.a. Ingenieurberufen) zu verbessern und so den weiblichen Zustrom in diese Berufszweige zu erhöhen. Dies ist ein Anliegen, das auch die TU Clausthal verfolgt.

Die Referentinnen waren Frau Professor Dr.-Ing. Ljudmilla Bokányi von der Partner-Universität Miskolc in Ungarn, die detailliert die Entwicklung in ihrem Heimatland aufzeigte, Frau Dr.-Ing. Irene Eusgeld von der Bergischen Universität GHS Wuppertal, sie konnte eine russische Perspektive in die Diskussion einbringen, Frau Dr. Cristina Vanja (Landeswohlfahrtsverband Kassel) über Frauen im Bergbau und Frau Claudia Küpper-Eichas (Universität Göttingen) über die historische Entwicklung der Lebens- und Arbeitsbedingungen von Frauen im Oberharz und Frau Dr. Susanne Schattenberg (Universität Erlangen-Nürnberg) über russische Ingenieurinnen in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts.

PD Dr.-Ing. habil. Dr. rer. nat. Friedrich Balck vom Institut für Physik und Physikalische Technologien suchte aus der Fotosammlung des Oberharzer Bergwerksmuseums aus mehreren tausend Fotos die wenigen aus, die auch Frauen zeigen.

Die Historikerin Claudia Küpper-Eichas erläuterte in einem Gespräch mit dieser Zeitschrift die Entwicklung der Frauenarbeit im Oberharz. „Bürgerliche Beobachter haben wiederholt die ►



Besichtigung des Otiliae-Schachtes, der das älteste erhaltende Fördergerüst Deutschlands darstellt.

Oberharzer Frauen kritisiert. Oft heißt es, die Frauen der Bergleute ließen weibliche Tugenden wie Häkeln, Stricken und Nähen vermissen. Abschätzig vermerkt ein Beobachter im Jahre 1792, die Kiepenfrauen hätten vom vielen Laufen säulenartige Beine. Es wurde auch beanstandet, daß, obwohl die Bergarbeiterfamilien arm seien, sich die Frauen bei besonderen Festlichkeiten in unangemessener Weise herausputzen würden“, berichtet Claudia Küpper-Eichas aus den historischen Quellen. „Tatsächlich waren viele Frauen der Oberharzer Bergarbeiter aber höchst selbständige Kleinunternehmerinnen. Von der Wiederaufnahme des Oberharzes Bergbaus im 16. Jahrhundert bis zur Erschließung des Oberharzes durch die Eisenbahn am Ende des 19. Jahrhunderts waren sie als Hausiererinnen und Händlerinnen oft wochenlang von zu Hause weg. Auf sich gestellt, wanderten sie nach bis nach Hamburg und ins Mecklenburgische hinein und verkauften z.B. Oberharzer Strick-, Häkel- und Schnitzarbeiten. Wie eine feste Post liefen andere als Landgängerinnen auf festen Routen nach Goslar und Osterode“, berichtete Claudia Küpper-Eichas. Den bürgerlichen Autoren seien sie deshalb wohl so verdächtig gewesen. Sie paßten nicht ins Bild der bürgerlich frommen Frau, die zurückgezogen lebte und sich nicht ohne Anleitung durch den Mann so weit hinaus wagte. Das durch die Bergfreiheiten verbrieftete Recht der Gewerbefreiheit und der Umstand, daß die wirtschaftliche Notwendigkeit dazu zwang einen Nebenerwerb neben der Tätigkeit des Mannes in der Montanindustrie auszuüben, sorgten dafür, daß die Frauen in den Bergstädten einen größeren Aktionsradius als in den Städten hatten. Im der männerdominierten Oberharzer Montanindustrie spielte Frauenarbeit eine untergeordnete Rolle. Von 1530 bis etwa 1650 finde man einige Frauen in den Aufbereitungsbetrieben. Dann sei seit dem 18. Jahrhundert ein Arbeitskräfteüberschuß eingetreten. Die Folge: Die Männer verdrängten die Frauen aus diesen Arbeitsbereichen. Erst im 1. Weltkrieg tauchten Frauen in den Aufbereitungsbetrieben verstärkt wieder auf. In dem berühmten Film von 1923 sind viele alte Frauen an den Klaubtischen oder bei der Erzscheidung zu sehen. „Wahrscheinlich spielte diese Tätigkeit auch eine Rolle als Erwerbsquelle für verarmte Witwen“, vermutet Küpper-Eichas.

Begleitet wurden die Lehrveranstaltungen durch zahlreiche Exkursionen. So besuchten die Teilnehmerinnen am zweiten August die Salzgitter AG und das Oberharzer Bergwerksmuseum in Clausthal-Zellerfeld, verbunden mit einer Besichtigung des Otiliae-Schachtes. Am neunten August folgte eine Fahrt zum Emscher-Park ins Ruhrgebiet, der den Wandel einer alten Industrieregion, ursprünglich geprägt durch Bergbau- und Hüttenbetriebe, verdeutlicht.

Das vielseitige wissenschaftliche Programm hatte Frau Dr. Antonia Schramm zusammengestellt. Die Organisation und Betreuung vor Ort hatten in vorzüglicher Weise Frau Dipl.-Ing. Maria Schütte vom Zentrum für Technologietransfer und Weiterbildung, Bereich Weiterbildung, und Dipl.-Ing. Stefan Lindner übernommen. ■

Der idw auf der EXPO mit einer Sonderaktion:

Experten-Makler für drei Tage für den Bürger



Kirsten Lindloff, Ärztin und Wissenschaftsjournalistin, organisierte den Expo-Auftritt des idw.

Rauschen zukünftig winzige Mikro-U-Boote durch die Herzkranzgefäße und reparieren sie? Was bringt die Entschlüsselung des menschlichen Erbguts, der Flug zum Mars oder Nanotechnologie für unser Leben heute und in Zukunft? Fragen wie diese diskutierten internationale Experten auf dem „Global Dialogue Science & Technology“ vom 11. bis 13. Juli im Technik Centrum Messe (TCM) auf der EXPO 2000. Der Informationsdienst Wissenschaft (idw), ein Projekt des Rechenzentrums und der Pressestelle, war mit dabei, präsentierte die Internet-Wissenschaftsplattform und bot als Sonderaktion auf der idw-Homepage (<http://idw.tu-clausthal.de>) Expertenvermittlung zu allen wissenschaftlichen Themen an. Bürger konnten Wissenschaftlern ihre Fragen zu stellen.

Wie schnell dehnt sich das Universum aus? Auf welchem Wege könnte die Entschlüsselung des menschlichen Erbguts in einigen Jahren wirksamere Medikamente ermöglichen? Warum ist Gähnen ansteckend? Woher hat das rote Meer seinen Namen? Der idw leitete die Anfragen an sein bundesweites Expertennetz weiter.

Die Anfragenden erhielten per E-Mail eine Antwort und zusätzlich wurden alle Fragen und Antworten auf einer gesonderten Seite dokumentiert.

Der idw präsentierte an seinem Stand im Foyer des TCM seine Vorzüge als „Wissenschaftsladen“, der jedem rund um die Uhr, auf persönliche Interessen abgestimmt, offen steht: Der Nachrichtenticker versendet täglich rund 50 Wissenschaftsmeldungen aus über 500 Hochschulen und Forschungseinrichtungen an insgesamt 13000 Abonnenten kostenlos per e-Mail-Abonnement, darunter 3000 Journalisten.

Den EXPO-Auftritt des idw organisierte Frau Kirsten Lindloff, Ärztin und Wissenschaftsjournalistin, z. Zt. Projektmitarbeiterin beim idw an der TU Clausthal.

Weitere Informationen:

Frau Kirsten Lindloff

Tel. 05323 72 35 41, Fax: 05323/72 35 36

E-Mail: kirsten.lindloff@tu-clausthal.de

<http://community.expo2000.de/forum/corridor.php3?corridor=5>

<http://idw.tu-clausthal.de> ■

2000 Jahre Bergbau im Harz – ein detailreiches Mosaik wurde jetzt publiziert

Wovon die historischen Quellen schweigen, das hinterläßt in der Natur doch Spuren. Und so konnte in den letzten zehn Jahren ein interdisziplinäres Team von Wissenschaftlern im Verbund mit der niedersächsischen Arbeitsstelle für Montanarchäologie in Goslar (Dr. Lothar Klappauf) eine Reihe offener Fragen zur Geschichte des Harzer Bergbaus klären. Eine Zusammenfassung ihrer Ergebnisse legen sie nun in der Reihe der Arbeitshefte zur Denkmalpflege in Niedersachsen „Auf den Spuren einer frühen Industrielandschaft Naturraum - Mensch - Umwelt im Harz“, Heft 21, vor. Karten und Überblicksartikel zur Geologie des Harzes, den Ursprüngen des Silberbergbaus im Mittelalter und seinem sozial- und kulturgeschichtlichen Hintergrund bilden neben Einzeluntersuchungen die verbindende Klammer. Ein Glossar erläutert Fachbegriffe für den Laien.



Die Bleivergiftung der Hüttenleute ist mit moderner Analysetechnik an ihren Knochen nachweisbar.

Zwei Jahrtausende Bergbau haben den Harz tief geprägt. Sein Pflanzenkleid wandelte sich von Eichen/Buchenwald zur Monostruktur der standortfremden Fichten. Ursprünglich abseits der großen Handelswege entstand mit planvoll klösterlicher, später herzoglicher und städtischer Initiative eines der frühesten Industriereviere Deutschlands. Wie der Mensch seine Umwelt prägt, die Landschaft verändert, und selbst auf die sich wandelnden Anforderungen reagieren mußte, das wird in diesem Buch zu einem detailreichen Mosaik zusammengefügt.

*Auf den Spuren einer frühen Industrielandschaft
Naturraum - Mensch - Umwelt im Harz
Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege. Hrsg. Christiane Segers-Glocke, Hameln: Niemeyer, 2000
Arbeitshefte zur Denkmalpflege in Niedersachsen, 21. ISBN 3-8271-8021-X*

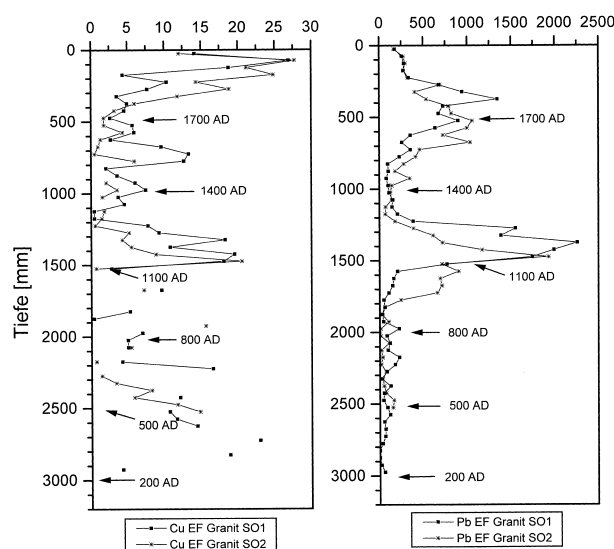
Was gibt die Natur nun preis? Der Harzer Bergbau ist viel älter als die schriftlichen Quellen vermuten ließen. Nicht erst im 10. Jahrhundert n. Chr., schon vor 2000 Jahren wurde Bergbau im Harz betrieben. Professor Dr. Wolfgang Brockner, TU Clausthal, untersuchte die Funde aus Düna - Erze/Erzrelikte, Metalle und Schlacken - auf ihre Elementzusammensetzung hin. So konnte die Erzeugung von Eisen, Kupfer, Blei und Silber aus den in der Nachbarschaft vorkommenden Eisenerzen, Oberharzer Gangerzen und auch aus Erzen der fast dreißig Kilometer entfernten Rammelsberglagerstätte bei Goslar nachgewiesen werden. Gestützt werden diese Ergebnisse von Untersuchungen an Torfschichten. Wächst, wie bei dem nahe Seesen gelegenen Erdfall „Silberhohl“, eine Torfschicht ungestört und kontinuierlich über die Jahrhunderte hinweg, so ist ihr Profil ein Lesebuch wechselnder Intensität des Bergbaus, schlagen sich Hüttenräuche doch am Boden nieder. Bereits für die jüngere vorrömische Eisenzeit konnte eine zwar äußerst geringe, aber eindeutig vom Menschen her rührende Anreicherung von Blei, Cadmium, Kupfer und Zink in den „Jahresringen“ der Torfschichten nachgewiesen werden (Professor Dr. Dr. h.c. Burkhard Frenzel und Dr. Heike Kempfer, Universität Hohenheim).

Schriftliche Quellen aus dem 17. Jahrhundert berichten, es gäbe im ganzen Harz keinen Baum mehr, der stark genug wäre, einen Förster daran aufzuhängen. An Holzkohleresten kann abgelesen werden, welche Hölzer verfeuert wurden. An einigen Verhüttungsplätzen gab es bereits im achten

Jahrhundert n. Chr. nicht mehr die natürlicherweise dort vorkommenden Eichen- und Buchen. Die Rodung war offensichtlich so weit fortgeschritten, daß Sträucher und Birken, die anstelle des natürlichen Waldes die Vegetation erobert hatten, mit verfeuert werden mußten. Diese haben aber einen niedrigeren Heizwert als Eichen- und Buchenholz. So mußte der Holzverbrauch also ansteigen - bis zum völligen Kahlschlag. Die Zeitgenossen erkannten die drohende Energiekrise nicht und rannten in das Desaster hinein. Aktenberichte sprechen von einem blühenden Bergbau und Hüttenwesen. Die Analyse der Holzkohlenreste zeigt, Schutzvorschriften wurden offensichtlich umgangen.

Die Goslarer Hüttenleute des 18. Jahrhunderts ernährten sich fast ausschließlich vegetarisch und heirateten untereinander. Die Skelette eines aus dem 18. Jahrhunderts am Brüdernkloster in Goslar stammenden Friedhofes geben hiervon Kunde. Denn Knochen sind ein „Langzeitgedächtnis“ der Lebensgeschichte des Individuums. Die Bleivergiftung der Hüttenleute ist ihnen ebenso ersichtlich wie die an Getreide reiche Ernährung (Dr. habil Holger Schutkowski, Dipl.-Biol. Alexander Fabig, Professor Dr. Bernd Hoffmann, Dr. Barbara Bramanti, Dr. Susanne Hummel, Uni Göttingen).

*Weitere Informationen:
Dr. Lothar Klappauf,
Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege
Arbeitsstelle Montanarchäologie
Rammelsberger Straße 86
38640 Goslar
Tel. 05321 25 24 6
E-Mail: lothar.klappauf@tu-clausthal.de*



Einträge von Kupfer (Cu) und Blei (Pb) in das Sonnenberger Moor, Oberharz. Die Werte der Kupfer- und Bleigehalte verschiedener Tiefen/unterschiedlichen Alters zeigen Anreicherungsfaktoren (Kempfer/Frenzel).

Deutsche Rohstoff- und Metalltage fanden dieses Jahr in Clausthal statt

Hauptversammlung der GDMB Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik

von Ulrich Waschki

Zum 225jährigen Jubiläum der TU Clausthal konnten die Deutschen Rohstoff- und Metalltage der GDMB (18. bis 21. Juni 2000) in den Räumlichkeiten der TU durchgeführt werden. Strahlendes Wetter belohnte die rund 350 Teilnehmer und gut 120 Begleitpersonen für ihre Reise in den Harz.

Die Teilnehmer der Deutschen Rohstoff- und Metalltage wurden am Sonntagabend lautstark vom Rektor der TU und seiner Jazz-combo vor dem Glücksaal zum Begrüßungsscherper empfangen. Gut gelaunt begannen in dieser lockeren Atmosphäre die ersten Fachgespräche. Montags wurde die Sache dann ernst, erstmals gab es eine ganztägige Plenarveranstaltung mit hochkarätigen Vorträgen aus den Interessengebieten der GDMB. Die Vortragenden – Köpfe aus Behörden, Vorständen und Hochschulen – nahmen engagiert Stellung zu der aktuellen Situation ihrer Bereiche.

PLENARVORTRÄGE DER DEUTSCHEN ROHSTOFF- UND METALLTAGE 2000

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c.

Friedrich-Wilhelm Wellmer,

Rohstofftrends am Beginn des 3. Jahrtausends;

Dr. Manfred Lennings,

Zwischen Bergbau- und Wissensproduktion – Rohstoffe im Wandel der Zeit;

Dr.-Ing. Werner Marnette,

Metalle – Werkstoffe des modernen Lebens;

Prof. Dr.-Ing. Dieter Ameling,

Stahl – Eine Werkstoffindustrie im Wandel;

Prof. Dr. Gunter Zimmermeyer,

Auto der Zukunft – Zukunft des Autos;

Dr.rer.nat. Jürgen W. Stadelhofer,

Der internationale Markt für Kohle gestern, heute, morgen;

Norbert Brodersen,

Kupfer, ein klassischer Werkstoff mit Wachstumspotential;

Dr. Helmut Burmester,

Aluminium – Herausforderungen und Perspektiven;

Prof. Dr.-Ing. Peter Dietz,

Zukunftsorientierte Ingenieurausbildung.

Die Aula der TU bot dafür den würdigen Rahmen. Mit ihren Zahlen und Fakten sind die Vorträge das Ergebnis sorgfältiger Recherchen der Behörden, Unternehmen und Verbände der Autoren und sind objektiv wohl kaum anzweifelbar. Die Plenarvorträge waren richtungsweisend und inhaltlich so bedeutend, daß sie als Sonderheft, ERZMETALL 53 (2000) Heft 10, erschienen. Damit ist eine schnelle und weite Verbreitung sichergestellt. Langfristig stehen die Vorträge als wertvolle, positive Argumentationsgrundlage bei der Öffentlichkeits- und Lobbyarbeit der in der GDMB engagierten Unternehmen zur Verfügung. Hefte können von der GDMB-Geschäftsstelle bezogen werden.

Die Fachvorträge am Dienstag präsentierten neueste Forschungsergebnisse und den Stand der Technik in den Unternehmen. Die Teilnehmer konnten am Vormittag aus sieben parallelen Reihen zu den Themen Moderner Bergbau, Kupfer, Blei/Zink, Leichtmetalle, Recycling, Montangeschichte des Harzes und Markscheidewesen im Zeitalter der Globalisierung wählen. Nachmittags standen die Themenbereiche Innovation in der Metallurgie, Rohstoffe kurzer Reichweite, Bergtechnik, EDV in der Rohstoffgewinnung, Altbergbau und Sanierung, Aufbereitung und Markscheidewesen im Zeitalter der Globalisierung zur Wahl. Die Kurzfassungen der Fachvorträge wurden den Teilnehmern im Tagungsbüro übergeben, einzelne Vorträge werden in ERZMETALL veröffentlicht.

Trotz des sonnigen und heißen Wetters waren die Vorträge gut besucht. Selbst der anschließende GDMB-Grillabend auf dem Montanenhäus konnte bei einigen Vortragsreihen angeregte Fachdiskussionen nicht kürzen, so daß viele Teilnehmer erst mit deutlicher Verspätung und sichtlich erschöpft am Grill erschienen.

Die interne Mitgliederversammlung der GDMB hat am Sonntag unter anderem ein neues Präsidium gewählt. Präsident ist Dr.-Ing. Kunibert Hanusch, Vorsitzender des Vorstandes der Hüttenwerke Kayser AG. Nach den für die Zukunft der Gesellschaft wichtigen Entscheidungen nahm der scheidende Vorsitzende der GDMB, Dr. Gernot Hänig, Mitglied des

Vorstandes der Grillo-Werke AG, diverse Ehrungen vor.

Die GDMB-Förderpreise gingen an Dr.-Ing. Louis Roger Niegang für seine ausgezeichnete Dissertation und an Dipl.-Ing. Thomas Nowak für seine herausragende Diplomarbeit; die Reden-Plakette für eine mit Auszeichnung bestandene Diplom-Hauptprüfung erhielt Dipl.-Ing. Stephan Kaufhold; der Dr. Paul-Grünfeld Preis für besondere Leistungen auf dem Gebiet der Sondermetallurgie wurde an Dr. Volker Güther verliehen; die Preise des Stifterverbandes Metalle gingen für 1999 an Dr. rer. nat. Jochen Kolb und für 2000 an Dipl.-Ing. Gerhard Hanks.

Ehrenmitglieder wurden Dipl.-Ing. Gangolf Brenthel, Rechtsanwalt Jürgen Ulmer und Prof. Dr.-Ing. Heinz-Walter Wild. Erstmals wurden langjährige Mitglieder durch eine Ehrenurkunde gewürdigt. Dabei sei stellvertretend das Institut für Bergbau der TU Clausthal mit 60jähriger Zugehörigkeit zu nennen. Das Protokoll der Mitgliederversammlung ist in ERZMETALL 53 (2000) S. 494 ff erschienen.

Die Georg Agricola-Denk Münze, der höchste Preis der GDMB, wurde im Rahmen des Festbanketts am Montagabend in der Kaiserpfalz in Goslar an Professor Dr.-Ing. Dr. h.c. Roland Kammel und Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dieter Henning verliehen.

Nach den Feierlichkeiten der TU zeigte die GDMB mit dem wissenschaftlichen Teil der Deutschen Rohstoff- und Metalltage sowie einem abwechslungsreichen Rahmenprogramm die hervorragende Eignung Clausthal-Zellerfelds als Tagungsort.

GDMB Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik

Ulrich Waschki

Paul-Ernst-Straße 10

38678 Clausthal-Zellerfeld

Telefon: 05323 93790

Telefax: 05323 937937

E-Mail: GDMB@tu-clausthal.de

Internet: http://www.GDMB.de



Die Teilnehmer des VDA Arbeitskreises „Rechnergestützte Fabrikplanung“ vor dem Wahrzeichen des Institutes.

Tagung des VDA-Arbeitskreises „Rechnergestützte Fabrikplanung“

Der VDA-Arbeitskreis „Rechnergestützte Fabrikplanung“ tagte auf Einladung von Professor Dr.-Ing. Uwe Bracht am 13. September im Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit der TU Clausthal. Nach eingehenden Fachgesprächen zur Schnittstellenproblematik in der Fabrikplanung stellte das Institut den neu erworbenen, von der ETH

Zürich entwickelten, Planungstisch Build-It und die Großprojektionsanlage, eine Eigenentwicklung des Institutes, vor.

Der neue Planungstisch hebt dank einer modernen Bilderkennungs- und Präsentationstechnik die Beschränkung auf Einzelarbeitsplätze auf. Erstmals können, um einen Tisch versammelt, al-

le später an der Fabrikhalle Beteiligten, ihre Ideen schon in der allerersten Entwurfsphase einbringen. Und dies ohne spezifische Computerkenntnisse der üblichen Software-Konstruktionswerkzeuge besitzen zu müssen. Technisch wird dies wie folgt realisiert: Mittels eines Beamer wird eine zweidimensionale Aufsicht des zu planenden Bereiches über einen Spiegel auf die Tischoberfläche projiziert. Eine Kamera erfasst wiederum das Bild des Tisches über denselben Spiegel und registriert alle Veränderungen. Die Personen um den Tisch können mit kleinen reflektierenden Würfeln, sogenannten „Bricks“, die einzelnen Objekte, beispielsweise ein Fließband, „anfassen“. Die Infrarotkamera „sieht“, wie der Benutzer das blinkende Objekt auf dem Planungstisch verschiebt und neu positioniert. Die Kamera leitet die Information an die Visualisierungssoftware, bildlich gesprochen, weiter, und diese setzt das Objekt an der gewünschten Stelle ab. Zu den positionierbaren Objekten gehört auch eine fiktive Kamera. Ihr „Bild“ wird parallel zu der Ansicht auf dem Tisch auf einer zweiten, vertikalen Projektionsfläche wiedergegeben und zeigt eine 3-D-Ansicht des Planungsbereiches. Das um den Tisch versammelte Team schaut auf die Leinwand und kann aus selbst gewählten Blickwinkeln sich die neue gestaltete Fabrikhalle direkt anschauen. Und auf der Großprojektionsanlage kann die ausgewählte Planungsvariante, bewaffnet mit einer Shutterbrille, virtuell durchwandert werden.

Der Planungstisch und die Großprojektionsanlage werden für die Ausbildung der Studierenden und bei Entwicklungsaufträgen der mittelständische Industrie zur Präsentation der Entwürfe eingesetzt. ■

— Anzeige —

Alternativ

erdgas



tanken!

**Ihre Erdgastankstelle
bei den**

**Der Umwelt und Ihrem
Portomonaie zuliebe!!**

**Stadtwerke
Clausthal-Zellerfeld**

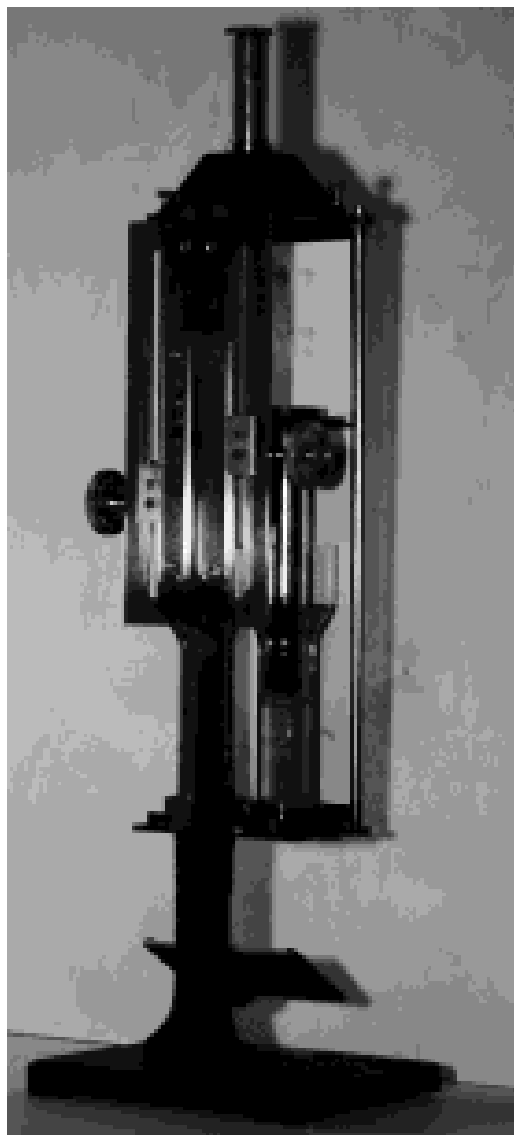


GmbH

**Robert-Koch-Str. 5
Hofseite**

Tel. (05323) 715-0

Strom — — — Gas — — — Wasser — — — Fernwärme — — — Hallenbad



Ein Kolorimeter. Mit diesem Gerät wurde anhand der Färbung einer lichtabsorbierenden Flüssigkeit und der Höhe der Schichtdicke die Konzentration der Substanz in einer Flüssigkeit bestimmt. Weitgehend ersetzt durch Spektralphotometrie. Foto: Saleem Chaudry

Die Entwicklung der Instrumentellen Analytik

Das „größte Museum für Instrumentelle Analytik in der Welt“, ursprünglich angesiedelt an der Technischen Schule des Unternehmens PerkinElmer in Überlingen am Bodensee unter der Leitung von Siegfried Bessel (8.10. 1922 - 30.3. 1997) erhielt nun im Institut für Anorganische und Analytische Chemie der TU Clausthal eine Außenstelle. Am 12. Oktober wurde die Teilsammlung eröffnet.

Ursprünglich als Ausbildungsstelle für Kundendienstmitarbeiter gedacht, wuchs die Sammlung auf heute über 500 Geräte. So dokumentiert sie fünfzig Jahre apparativer Entwicklung in der Analytischen Chemie: Immer geringere Probemengen und immer geringerer Chemikalieneinsatz bei gleichzeitig komplexeren Probezusammensetzungen. So kann die chemische Analytik heute den berühmten Zuckerwürfel im Bodensee nachweisen. Damit wächst natürlich auch die Aufgabe, die Bedeutung der nachgewiesenen Substanzkonzentrationen (beispielsweise hinsichtlich Toxizität) zu bewerten. Kurz: Anhand einer solchen Sammlung zeigt sich u.a., Forschung löst zehn Fragen erfolgreich, hundert neue entstehen.

Nach dem Tod Siegfried Bessels machten sich Frau Dipl. Chem. Stephanie Ossadnik und Professor Dr. Georg Schwedt, tatkräftig unterstützt von Dr. Ringhardt, daran, die Sammlung neu zu katalogisieren und zu dokumentieren.

Im November 1998 bot PerkinElmer der TU Clausthal einen Teil der Sammlung als Stiftung an, und nun können in den Räumen des Instituts für Anorganische und Analytische Chemie rund 50 Geräte ausgestellt werden. Sie stehen exemplarisch für die Entwicklung auf den Gebieten Infrarot (IR)- und Ultraviolett- Spektrometrie, der Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) und der Chromatographie. Der begleitende Ausstellungs-

führer, erstellt von Frau Dipl.-Chem. Stephanie Ossadnik, schildert zentrale wissenschaftliche Entdeckungen, Meilensteine in der Analytik, welche die Fertigung der Geräte ermöglichten. So wird der lange Weg von der Entdeckung bis zur Anwendung sichtbar; Erfindungsgabe, auch „krumme“ Wege werden deutlich. Entdeckungen, zuvor fehlinterpretiert oder vergessen, tauchten Jahrzehnte später aus der Versenkung wieder auf, als neue Arbeitsgruppen, bereichert um zusätzliche Entdeckungen, alte Einsichten zu praktischem Erfolg führten.

Am Anfang war die Beobachtung. So z.B. Wollaston (1766 - 1828) und Joseph von Fraunhofer (1787 - 1826. Sie sahen die dunklen Linien im Sonnenspektrum. Die Frage, wie kann das sein, wird mit theoretisch-mathematischen Ansätzen beantwortet. Es folgt das zähe, praktische Bemühen die Grenzen der Nachweisbarkeit verschieben, schließlich die „Delegation“ der Meßwerterfassung an den Knecht Computer.

Die Clausthaler Sammlung ist ideal geeignet, Schülerinnen und Schülern heutige komplexe Technik anhand ihrer einfacheren Vorläufer zu erklären.

Führungen sind auf Anmeldung hin möglich.

Weitere Informationen:

Frau Dipl.Chem. Stephanie Ossadnik -
Professor Dr. Georg Schwedt
Institut für Anorganische und Analytische Chemie
Paul-Ernst-Straße 4
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel. 05323 72 28 87 und -72 22 09
Fax. 05323 72 29 95
E-Mail: steffi.ossadnik@tu-clausthal.de
georg.schwedt@tu-clausthal.de

Nachwuchsunternehmensberater helfen (fiktiver) „Europa Telekom“ auf die Sprünge

Zusammen mit Andersen Consulting veranstaltete das Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit vom 30. Oktober bis zum ersten November an der Technischen Universität Clausthal einen dreitägigen Workshop zum Thema Projektmanagement. Unter der Anleitung des erfahrenen Beraters Dipl.-Ing. Ralph Huber von Andersen Consulting hatten 15 Studentinnen und Studenten die Gelegenheit

Informationen und Erfahrungen aus erster Hand zu bekommen.

Dabei reichte die Palette der Themen von der Projektplanung über das Vertriebsmanagement-Management bis zur integrierten Methode zum Projektmanagement von Andersen Consulting. Zum Abschluß des Workshops konnten die Teilnehmer das Erlernte dann in einer Fallstudie unter Beweis stellen. Gegenstand

dieser Studie war ein IT-Projekt der fiktiven Firma „Europa Telekom“, das nach angenommenen Problemen i Projektmanagement zum Erfolg geführt wurde.

Die interdisziplinäre Zusammensetzung der Teilnehmer aus Ingenieuren und Naturwissenschaftlern erwies sich auch hier als besonderer Vorteil.

Informationen über die Branche Unterneh- ►

mensberatung sowie spezielle Einblicke in den Aufbau und die Methoden von Andersen Consulting rundeten die Veranstaltung ab. Hierzu kam eigens Herr Dipl.-Ing. Recker, Mitglied der Geschäftsführung von Andersen Consulting nach Clausthal. Herr Recker betonte ausdrücklich, dass Andersen Consulting sich langfristig an der TU Clausthal engagieren will,

auch und vor allem nach der Namensänderung zu ACCENTURE, die zum 1.1. 2001 wirksam werden wird. Weitere Informationen sind verfügbar unter www.andersenberaten.com und www.accenture.com.

Das durchweg positive Echo griff der Leiter des Institutes, Prof. Dr.-Ing. Uwe Bracht am Ende der Veranstaltung auf, und versprach den

Workshop bereits im Sommersemester zu wiederholen.

Weitere Informationen:

Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit

Dipl.-Ing. Thomas Masurat

Tel.: (+49) 05323/72-2816

thomas.masurat@imab.tu-clausthal.de

Kunststoffe und Umwelt Herausforderungen, Potentiale, Strategien

Kunststoffe begegnen uns heute auf Schritt und Tritt, sei es in der bequemen, wärmenden, wasserdichten Kleidung, oder in Dingen des täglichen Lebens; sei es in der Verpackung oder im technischen Bereich vom Automobil bis zum Flugzeug. Eine ganzheitliche Betrachtungsweise der Kunststoffanwendungen schließt selbstverständlich die Problematik geschlossener Stoffkreisläufe - also auch das Recycling und die Verwertung - ein.

Recyclinglösungen existieren

„Im Grunde genommen existieren für das Recyclingproblem von Kunststoffen eine ganze Reihe von Lösungen“ so Prof. Dr.-Ing. G. Ziegmann vom Institut für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik. Die Sinnhaftigkeit von Lösungswegen ist allerdings für jede Anwendung sorgsam abzuwägen und wertfrei mit Politikern, Wissenschaftlern, Produzenten und Verbrauchern zu diskutieren“. Deshalb hatten Clausthaler Wissenschaftler, die Clausthaler Umwelttechnik-Institut GmbH, das Institut für Umweltwissenschaften der Universität und das Institut für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik am Freitag, den 20. Oktober die Akteure in Politik und Wirtschaft eingeladen, um den Fragen „Kunststoffe und Umwelt-Herausforderung, Potentiale, Strategien“ in einer ganztägigen Seminarveranstaltung nachzugehen.

Kunststoffe in der Diskussion

Professor Dr.-Ing. Otto Carlowitz, Geschäftsführer des CUTEK-Institutes, erklärte: „Die Kreislauf- und Abfallwirtschaft ist heute ein wesentliches operatives Geschäftsfeld der CUTEK-Institut GmbH. In diesem Zusammenhang kommt auch der Frage des Kunststoffrecyclings besondere Bedeutung zu. Ich freue mich daher außerordentlich, daß diese gemeinsam mit der Arbeitsgruppe „Forum Clausthal“ der TU Clausthal, der Deutschen Gesellschaft

Club of Rome e.V. und der Deutschen Gesellschaft für Kunststoffrecycling getragene Veranstaltung hier bei der CUTEK stattfindet. Kunststoffe befinden sich derzeit in der gesellschaftspolitischen Diskussion, wobei Herr Professor Ziegmann vom Institut für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik der TU Clausthal zunächst im Rahmen seines Vortrages die Frage nach der technisch und ökonomischen Machbarkeit des Recyclings stellt und die ökologische Seite einbezieht. Für derartige Denkansätze muß immer der gesamte Zusammenhang betrachtet werden.

Kreislaufwirtschaft im Spannungsfeld der Globalisierung

So wird Herr Professor Jischa, Vorstandsvorsitzender der Deutschen Gesellschaft Club of Rome, die Kreislaufwirtschaft im Spannungsfeld der Globalisierung erörtern. Dr. Gerhard Voss vom Institut der Deutschen Wirtschaft und Mitglied des Arbeitskreises Umwelt/Presse sowie Vorstandsmitglied der Wissenschaftspressekonferenz wird dann im Zusammenhang mit Kunststoffen, Einweg-/Mehrwegverpackungen, der Möglichkeit der Verbrennung und zugehöriger Alternativen die Kommunikation und Diskussion zwischen Politik, Umweltschutz, Medien und Wirtschaft aufgreifen. Es ist landläufig bekannt, daß bestimmte Themen in den Medien Konjunktoren haben, sie kommen, sie gehen. Fast wäre man versucht zu sagen, unser öffentlicher Realitätsbezug wäre sporadisch und sprunghaft. Anschließend befaßt sich Herr Dr.-Ing. Dietrich Ruchay, Ministerialdirektor und Leiter der Abteilung Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft, Bodenschutz und Altlasten im Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit auf der Basis langjähriger Insider-Erfahrungen mit dem Verhältnis von Politik, Macht und Kommunikation am Beispiel des Kunststoffrecyclings. Am Ende des Vortragsteils wird schließlich Herr Dr.-Ing. Wolfgang Lindner,

Geschäftsführer der Deutschen Gesellschaft für Kunststoffrecycling mbH, Köln, aus Sicht der Wirtschaft eine Antwort auf die Herausforderung, ein Szenario für das Kunststoff-Recycling zu entwerfen, geben. Von der folgenden Podiums/Plenumsdiskussion verspreche ich mir, neben kontroversen Denkanätzen die Schärfung der unterschiedlichen Standpunkte.“

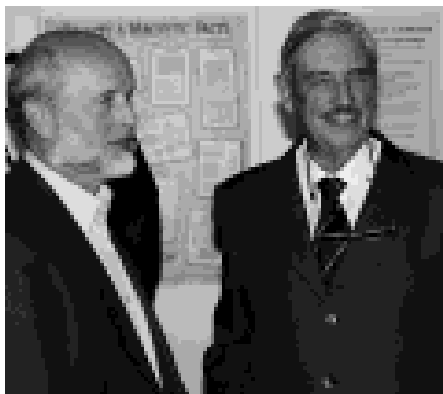
Prof. Ziegmann zu den grundsätzlichen Fragestellungen des Seminars: „Die Gesellschaft, jeder von uns als Konsument, wird täglich mit dem Verbrauch von endlichen Ressourcen und der Kreislauffähigkeit konfrontiert. Die Auswirkungen dieser Gedankenstruktur begegnen uns schließlich regelmäßig im sogenannten „Gelben Sack“ des DSD.

Thematik muß weiter gefaßt werden

Aber „so Ziegmann, „... die Thematik muß viel weiter gefaßt werden“. Sie beinhaltet den gesamten Lebenszyklus von technischen und Verbrauchsgütern und den damit verbundenen Energieaufwendungen. So bewirkt eine Gewichtsreduzierung bei bewegten Gütern wie Automobil, Eisenbahnwagen oder Flugzeug eine wesentlich stärkere Reduktion des Ressourcenverbrauchs als ein werkstoffliches Recycling bei Kunststoffen. Vielmehr kann im Umgang mit dem täglichen Kunststoffabfall ein Werkstoffrecycling kontraproduktiv sein, während z.B. die Müllverbrennung energetisch wesentlich günstiger zu bewerten ist.“ Selbstverständlich muß bei dem Weg der Nutzung des Energieinhaltes auf höchste Maßstäbe der Luftreinhaltung Wert gelegt werden. Das ist heute technisch möglich.

Ein Rückblick auf 30 Jahre Clausthaler Petrophysik

... und wie man typische „Fallgruben“ der experimentellen Wissenschaften vermeidet



Professor Dr. Jürgen Schopper (rechts) im Gespräch mit PD Dr. Günter Buntebarth.

Das Institut für Geophysik feierte am 13. Oktober seinen „Grandseigneur“, Professor Dr. Jürgen R. Schopper, Begründer der Clausthaler Petrophysik, zu seinem 75. Geburtstag mit einem wissenschaftlichen Festkolloquium. Professor Schopper hatte sich nie künstlich in den Vordergrund gespielt. Wo seine Mitarbeiter Verdienste erworben hatten, konnten sie sicher sein, daß ihre Leistungen auch gewürdigt wurden, und so schlug Professor Schopper an „seinem Tag“ eine Woge der Sympathie entgegen. „Für mich galt immer der umgekehrte Linsensatz: Kontrolle ist gut, Vertrauen ist besser. Meine Mitarbeiter haben mich nie enttäuscht. Was wäre ein Professor ohne seine Mitarbeiter“, sagte Professor Schopper in seinen Dankesworten.

1956 ging Jürgen Schopper im Anschluß an das Physikstudium in Berlin an der Humboldt-Universität (46-49) und der Freien Universität (49-54) und einer ersten Berufstätigkeit als Redakteur bei der „Elektronischen Rundschau“ zur Wells Survey in Tulsa/Oklahoma in die USA. Bewußt hatte er sich ein Randgebiet der Physik, die Bohrlochgeophysik, ausgesucht, stellte sich (und seinen Doktoranden) Fragen, deren Beantwortung (mehr) als (s)eine Lebenszeit in Anspruch nehmen (werden): Wie läßt sich aus Bohrlochmessungen die Qualität einer Erdöllagerstätte hinsichtlich der zu erwartenden Fördermenge und Förderbarkeit bestimmen? Wie können die Indikatoren, u.a. Porosität und Permeabilität, aussagekräftig gemessen werden? Professor Schopper in seinem Rückblick auf 30 Jahre Clausthaler Petrophysik: „Auf die Frage des Interviewers, wie man mit einer physikalischen Messung im wassergefüllten Bohrloch Öl von Wasser im Gebirge unterscheiden könnte, habe ich, unwissend wie ich war, geantwortet: vielleicht, wenn der Kontrast ausreicht, über die elektrische

Leitfähigkeit, aber besser über die Dielektrizitätskonstante. Erste brauchbare Grundlagen für eine Anwendung haben schließlich Frank Börner und Johannes Kulenkampf in zwei der letzten von mir zweit- und erstgutachterlich betreuten Doktorarbeiten geliefert. - Problemlösung in 45 Jahren!“

Am Beispiel seines eigenen Faches beschrieb Professor Schopper typische „Fallgruben“, Irrtümer der experimentellen Wissenschaften:

1. Die vielerlei Abhängigkeiten: Jede Ursache hat tausenderlei Wirkungen, jede Wirkung tausenderlei Ursachen. Das Problem läuft auf eine vieldimensionale Matrizengleichung mit nicht notwendigerweise linearen Termen hinaus.

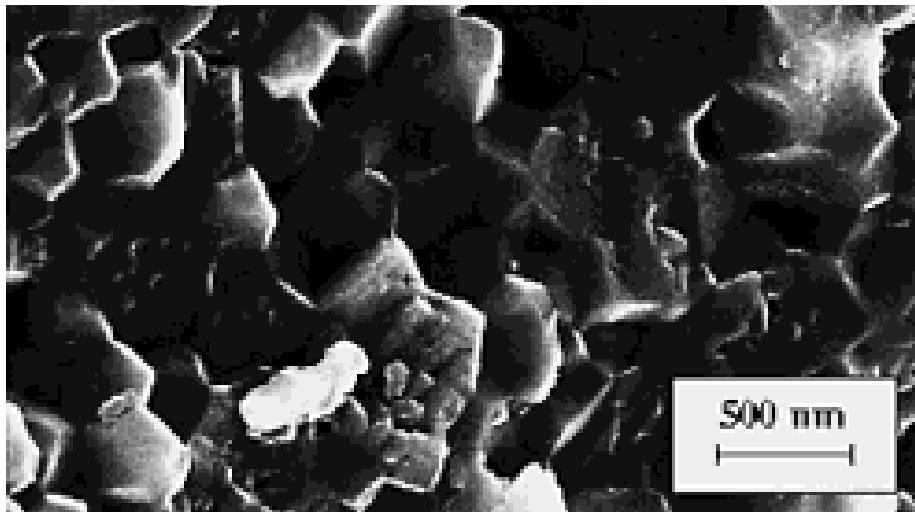
2. Vorgetäuschte Zusammenhänge: Im Experiment beobachten wir nicht nur echte physikalische Zusammenhänge zwischen Meßgrößen, sondern auch vorgetäuschte Zusammenhänge, die nur durch eine gemeinsame geologische Evolution der beobachteten Größen im untersuchten Gesteinsmaterial erzeugt werden. Nehmen Sie einen beliebigen Korb voll Gesteinsproben; messen Sie an diesen Proben zwei extra ausgewählte physikalische Größen, die physikalisch überhaupt nichts miteinander zu tun haben können - z. B. magnetische Suszeptibilität und Schermodul, oder Gamma-Radioaktivität und Formationsfaktor -. Dann crossplotten Sie die Größen gegeneinander, zum Beispiel wie in den Geowissenschaften so beliebt, doppelt-logarithmisch. Und siehe da, Sie erhalten fast immer eine Punktwolke, durch die sich wunderschön eine Gerade legen läßt, meist sogar eine recht gut passende Gerade durch den Ursprung. Seien Sie deshalb immer sehr vorsichtig, aus einer guten Korrelation zwischen zwei petrophysikalischen Größen auf einen echten physikalischen Zusammenhang zu schließen! Unsere untersuchten Gesteinsproben sind meistens Momentaufnahmen aus einer gemeinsamen geologischen Entwicklung: Sedimentation, Versenkung, thermische Diagnose o.ä. Zwei Größen, x und y , sind dann geologische Zeitfunktionen $x(t)$ und $y(t)$. Kombiniert und t eliminiert, erhalten wir dann eine scheinbare Abhängigkeit $y(x)$.“ Folgerung: Nie rein empirisch arbeiten, sondern Beobachtungen auf ihren physikalischen Sinn hin überprüfen. Und umgekehrt können falsche Theorien das „Aha“-Verständnis der empirischen Befunde erschweren („Brett-vorm-Kopf-Situation“).

3. (Scheinbar) widersprüchliche Ergebnisse aufgrund sehr kleiner Skalenbereiche: Oft beobachtet

eine größere Gruppe von Wissenschaftlern wiederholt Korrelation zwischen zwei Größen, beispielsweise der elektrischen Leitfähigkeit und der Permeabilität - eine andere Gruppe eine Antikorrelation. Es gibt einen erbitterten Streit, wer richtig gemessen hat. Aber wie bei dem klassischen Streit zwischen Newton und Leibniz um die Natur des Lichts, Teilchenstrahlung oder Wellenstrahlung, stellt man hinterher fest, daß beide recht hatten. In der Petrophysik liegt der Widerspruch meistens daran, daß verschiedene Gruppen in sehr verschiedenen Skalenbereichen gemessen haben.

Dr. Lutz Riepe, heute bei der BEB in Hannover, Dr. Hansgeorg Pape, (RWTH Aachen) und Professor Schopper erläuterten die Entwicklung der Clausthaler Petrophysik von ihren Anfängen bis in die letzten Wachstumsspitzen: In zwei Hauptlinien verfolgte Professor Schopper sein Ziel, dem Praktiker bessere Methoden an die Hand zu geben, zur Beantwortung der elementar wichtigen Frage „Wie viel werden wir denn aus dieser Lagerstätte fördern können?“ „Im Prinzip“ könnte über die Bestimmung der Porosität (Summe der Querschnitte der „Röhren“ in einem Gestein) ein Maß für die hydraulische Permeabilität (Summe der Querschnittsquadrate) gewonnen werden. Hierzu mußte erstens ein adäquates Modell des tatsächlichen Porenraums in einem Gestein erstellt werden. Über viele Zwischenstationen „landete“ die Arbeitsgruppe schließlich bei einem Modell, daß die fraktale Ordnung der Natur berücksichtigte. Ein Gestein besteht nicht nur aus gebogenen, in sich verschlungenen „Spaghettiröhren“, sondern die innere Oberfläche der Röhren besteht aus selbstähnlichen Strukturen und ihr Wert wächst mit dem Grad der Auflösung der Messung: Jede „Tunnelhaut“ einer „Röhre“ im Gestein ist durchbrochen von noch feineren konvexen Wölbungen - das „Pigeon Hole Modell“ der „PARIS-Gleichung“ - benannte nach Pape, Riepe, Schopper. Zur Anwendung der Theorie in der Praxis wurden verschiedene Meßmethoden der Oberfläche mit unterschiedlichem Auflösungsvermögen getestet. Unter anderem wurde ein automatisches Bildverarbeitungssystem zur mikroskopischen Dünnschliffauswertung entwickelt. Mehr als ein Jahrzehnt investierte die Arbeitsgruppe in die Entwicklung eines solchen Systems, wobei die Arbeit durch die Entwicklung der Rechner-technik und der Notwendigkeit zur Programmierung in Maschinensprache sogar behindert wurde. Jedes Mal, wenn das Programm lauffähig war, zerschloß die Anschaffung der nächsten Großrechnergeneration die Programmcodes. Sie mußten neu adaptiert werden.

Nanoskalige Keramikpulver zum Fügen geeignet



REM-Aufnahme des Inneren einer bei einem Preßdruck von 80 MPa und einer Temperatur von 1300°C hergestellten Fügenaht, welche mit desagglomeriertem Al₂O₃-Nanopulver produziert wurde.

Mittels PVS-Verfahren (physical vapor synthesis) [1] oder Laserablation [2] synthetisierte Aluminiumoxid-Nanopulver weisen eine beim Konsolidieren hinderliche Restagglomeration auf. Bedingt durch die Herstellungsweise bilden sich aufgrund der Diffusion zwischen den einzelnen Partikeln kleine Brücken zwischen den Teilchen aus. So sind sie über sogenannte Sinterhalse miteinander verbunden.

Den überwiegenden Teil der Agglomeration stellen die sogenannten schwachen Agglomerate, bei denen die Teilchen durch schwache physikalische Wechselwirkungen untereinander verbunden sind. Ein nicht unerheblicher Anteil besteht jedoch aus starken Agglomeraten, welche durch die oben genannten Sinterhalse zusammengehalten werden. Um aus Nanopulvern Sinterkeramiken zu erzeugen, müssen die Pulver zunächst zu Grünkörpern verpreßt und nachfolgend gesintert werden. Die erreichbare Dichte der Grünkörper wird jedoch durch die vorhandene Restagglomeration der verwendeten Pulver herabgesetzt.

Dr.-Ing. Ralph Hellmig konnte in seiner Dissertation Wege aufzeigen, solche starken Agglomerate zu beseitigen: Die Sinterhalse der Nanopartikel werden in einer Planetenmühle zwischen aufeinander schlagenden Mahlkugeln in einer zehnminütigen Mahlprozedur aufgebrochen [3]. Beim anschließenden Sintern (80 MPa, 1300 Grad Celsius) verbacken die nun dicht beieinander liegenden Nanokörner zu einem fast 100% porenfreien Sinterkörper mit einer mittleren Korngröße von etwa 300-400 nm.

Derartige Nanopulver sind auch zum Fügen keramischer Bauteile geeignet [4,5]: Werden desagglomerierte Nanopulver zwischen zwei Aluminiumoxid-Keramiken als dünne Schicht eingebracht und das Ganze bei 1300 Grad Celsius und 80

MPa 90 Minuten lang gesintert, so erweist sich bei Vier-Punkt-Biegeversuchen die Fügenaht als härter als die umgebende Keramik [6].

- [1] <http://www.nanophase.com>
- [2] W. Riehemann,
Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 501 (1998) 3.
- [3] H. Ferkel und R. Hellmig,
NanoStruct. Mater. 11 (1999) 617.
- [4] H. Ferkel und W. Riehemann,
NanoStruct. Mater. 7 (1996) 835.
- [5] R.J. Hellmig, J.-F. Castagnet und H. Ferkel,
NanoStruct. Mater. 12 (1999) 1041.
- [6] R.J. Hellmig und H. Ferkel,
phys. status solidi (a) 175 (1999) 549.

Weitere Informationen:

Dr.-Ing. Ralph Hellmig
TU Clausthal
Institut für Werkstoffkunde und Werkstofftechnik
Agricolastr. 6
38678-Clausthal-Zellerfeld
Tel.: 05323/72-2171
Fax: 05323/72-3148
email: ralph.joerg.hellmig@tu-clausthal.de

Anzeige



Seit 1829 Hand in Hand mit der Hochschule: Die Grosse'sche Buchhandlung (links)

Ihre Fachbuchhandlung für:

Technik · Naturwissenschaften · Bergbau · Umwelttechnik

GROSSE'SCHE BUCHHANDLUNG

ADOLPH-ROEMER-STRASSE 12 · TEL. (053 23) 9 39 00 · FAX (053 23) 93 90 20

<http://www.grosse.harz.de> · e-mail: buch@grosse.harz.de

D-38668 CLAUSTHAL-ZELLERFELD

Erzeugung von Nanopartikeln durch Laserverdampfung

Von Christiane Kerber, Rolf Sanders und Reiner Weichert

Nanopartikel sind aufgrund ihrer technisch hochinteressanten Eigenschaften Gegenstand weitreichender Forschungen. So sind beispielsweise die Sinter-temperaturen von Keramiken oder die Sensibilität von Gassensoren nicht länger allein stoffspezifisch, sondern auch partikelgrößenabhängig. Neue hochfeste Materialien, die aus nanostrukturierten Gefügen aufgebaut sind, zeichnen sich durch überlegene mechanische Eigenschaften aus – z.B. läßt sich die Dehnbarkeit von Titandioxidkeramik durch eine Verkleinerung der einzelnen Körner vom Mikrometer- in den Nanometermaßstab verdoppeln. Nanopartikel mit ihrer großen spezifischen Oberfläche können als Trägermaterial für Katalysatoren verwendet werden. Die positiven Eigenschaften von Nanopartikeln werden z.B. bei Pigmenten und Füllstoffen seit Jahrzehnten genutzt. Großtechnisch werden heute z.B. TiO_2 , SiO_2 oder Ruß durch chemische Reaktionen in Flammenreaktoren hergestellt. Wesentlich für die Erzeugung der Partikel in solchen Aerosolprozessen sind die Kollision der Partikel und ihr anschließendes „Zusammenschmelzen“. Je nach Temperatur sind die Partikel flüssig – die Tropfen koagulieren dann vollständig – oder bereits erstarrt – zwischen den Partikeln bilden sich durch Diffusionsprozesse (Sintern) punkt- oder halsförmige Kontaktstellen. In technischen Prozessen finden diese Vorgänge gleichzeitig statt, ihre Modellierung ist dabei noch nicht vollständig gelungen. Es wird gewünscht, die Größe und Morphologie der Partikel besser beeinflussen zu können, um spezifische Anforderungen an diese Größen optimal erfüllen zu können. Durch die Untersuchung der isolierten Vorgänge werden neue Erkenntnisse erwartet. Im folgenden wird über ein Forschungsvorhaben berichtet, in dem die Koagulation, das Partikelwachstum in der flüssigen Phase, im Mittelpunkt stand. Sintervorgänge, das Partikelwachstum in der festen Phase, werden in einem weiterführenden Projekt untersucht. Die Durchführung dieser beiden Vorhaben wird durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft ermöglicht, der hier für ihre Förderung gedankt wird.

Partikelerzeugung durch Laserverdampfung und Kondensation

Dieses Verfahren zur Erzeugung von Nanopartikeln geht von einem übersättigten Fluid aus, in

dem Partikel aus einzelnen Molekülen aufgebaut werden. Bei der Laserverdampfung wird zunächst festes Ausgangsmaterial durch Erwärmung in die Gasphase überführt. Dieser Dampf wird abgekühlt, und es kommt zu einer gewünschten Übersättigung und Kondensation. Damit ist der erste Schritt zur Bildung von Partikeln gemacht. Bei dem Herstellungsprozeß aus der Gasphase sind Kenntnisse über die einzelnen Schritte Verdampfung, Nukleation, Kondensation, Koagulation und Agglomeration von großem Interesse, um die Partikelbildung modellieren zu können. Sowohl die erzeugten Partikelgrößen als auch die Breite der Partikelgrößenverteilung hängen maßgeblich von den einzelnen Teilprozessen ab. Es wurde eine Apparatur zur Erzeugung von Nanopartikeln mittels Laserverdampfung entwickelt, mit der Partikel im Größenbereich von einigen Nanometern bis hin zu einem halben Mikrometer erzeugt werden können. Die bei der Partikelerzeugung aus der Dampfphase ablaufenden Prozesse – Verdampfung, Nukleation, Kondensation und Koagulation – wurden sowohl experimentell als auch theoretisch näher untersucht. Es wurden keramische Partikel aus Aluminiumoxid erzeugt und auch Graphit, Aluminium und Kupfer verdampft.

Konzeption der Apparatur

Das Funktionsprinzip der entwickelten Apparatur ist in **Bild 1** dargestellt. Ein CO_2 -Laserstrahl (Wellenlänge: $10,6 \mu\text{m}$; Leistung: bis zu 400 W) wird von unten auf die Oberfläche des zu verdampfenden Stoffes (Target) fokussiert, wobei Temperaturen bis zu 3000°C erreicht werden. Das Targetmaterial absorbiert Energie aus dem Laser-

strahl und leitet die Wärme an die Umgebung des Laserfokus weiter. In der Umgebung des Fokus wird die Siedetemperatur erreicht, und das Targetmaterial verdampft. Dieser Dampf wird durch zuströmendes Inertgas abgekühlt. Dabei kondensieren Nanotropfen aus, die durch Zusammenstoß größere Tropfen bilden, solange ihre Temperatur oberhalb des Schmelzpunkts liegt. Die Abkühlgeschwindigkeit bestimmt die Größe der erzeugten Partikel. Zur Steuerung der Kondensation wurden verschiedene Einbauten entwickelt, um die Tropfen für unterschiedliche Zeiträume auf einem Temperaturniveau oberhalb der Erstarrungstemperatur zu halten. Durch die weite Variation der Aufenthaltsdauer in dieser Zone konnten Partikel oberhalb von 30 nm bis zu einigen hundert Nanometern erzeugt werden; die apparative Umsetzung zeigt Bild 1(a). Durch die Verkürzung dieses Zeitraums auf wenige Mikrosekunden ließen sich Partikel unterhalb von 10 nm herstellen. Dieser Aufbau wird in Bild 1(b) skizziert.

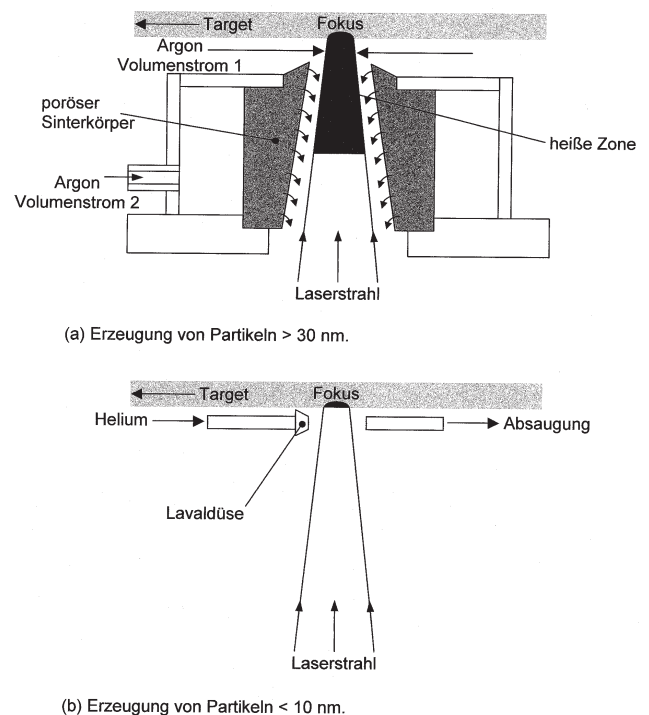


Bild 1 (a) und (b): Funktionsprinzip der Apparatur zur Erzeugung von Nanopartikeln: (a) Erzeugung von Partikeln > 30nm, (b) Erzeugung von Partikeln < 10 nm

Bei dem in Bild 1(a) gezeigten Aufbau wird das verdampfte Material durch seitlich zuströmendes Argon in eine kegelförmige Bohrung innerhalb eines porösen Sinterkörpers geleitet. Direkt unterhalb des Laserfokus kondensieren bereits kleine Tropfen aus, da der Dampf durch das zuströmende Argon gekühlt und dadurch übersättigt wird. Die Tropfen wachsen durch Oberflächenkondensation, dabei kondensieren weitere Moleküle an der Oberfläche dieser Tropfen aus, und durch Koagulation, wobei die Tropfen aufeinandertreffen, sich zusammenlagern und zu größeren Tropfen ver- ►



Bild 2: Gesamtapparat

schmelzen. Die entstandenen Tropfen absorbieren einen Teil der von unten kommenden Laserstrahlung und nehmen dadurch Energie auf. Sie können durch den Aufenthalt im Laserstrahl (heiße Zone) lange auf einem hohen Temperaturniveau gehalten werden. Diese Absorption der Laserstrahlung im Aerosol ist proportional zur Volumenkonzentration des verdampften Materials und damit zur verdampften Masse. Die Temperatur des Aerosols ist hoch, solange die Konzentration hoch ist. Durch die Wand des porösen Sinterkörpers strömt ein weiterer Argonvolumenstrom. Das Aerosol wird nach unten geleitet, und die Konzentration verringert sich mit zunehmendem Abstand vom Target durch die Verdünnung mit Argon. Dadurch nimmt auch die Temperatur ab, und die Tropfen unterschreiten die Schmelztemperatur des Materials – sie erstarren zu festen Partikeln. Treffen diese Partikel zusammen, entstehen unregelmäßig geformte Agglomerate in Form von Flocken oder Ketten. Die Partikel fließen nicht mehr wie Tropfen zusammen (vollständige Koagulation), sondern sie bilden punkt- oder halsförmige Kontaktstellen durch Diffusionsprozesse zwischen einzelnen Partikeln. Um diese Agglomeration durch Sintern zu unterdrücken, ist die Verdünnung des Aerosols im unteren Bereich des porösen Sinterkörpers größer als im oberen Bereich. Die Kollisionswahrscheinlichkeit der Partikel nimmt also mit zunehmendem Abstand vom Target ab. Im oberen Bereich ist Kollision erwünscht, da die Partikel noch flüssig sind und durch Koagulation wachsen; dementsprechend wird die Konzentration hoch gehalten. Im unteren Bereich ist Kollision unerwünscht, da die Partikel erstarrt sind und agglomerieren; die Konzentration wird daher verringert. Dies wird durch die abnehmende Wandstärke des porösen Sinterkörpers von oben nach unten er-

reicht. Bei konstantem Argondruck in dem Ringspalt um den Sinterkörper ist der Volumenstrom oben im Bereich der dicken Wand geringer als un-

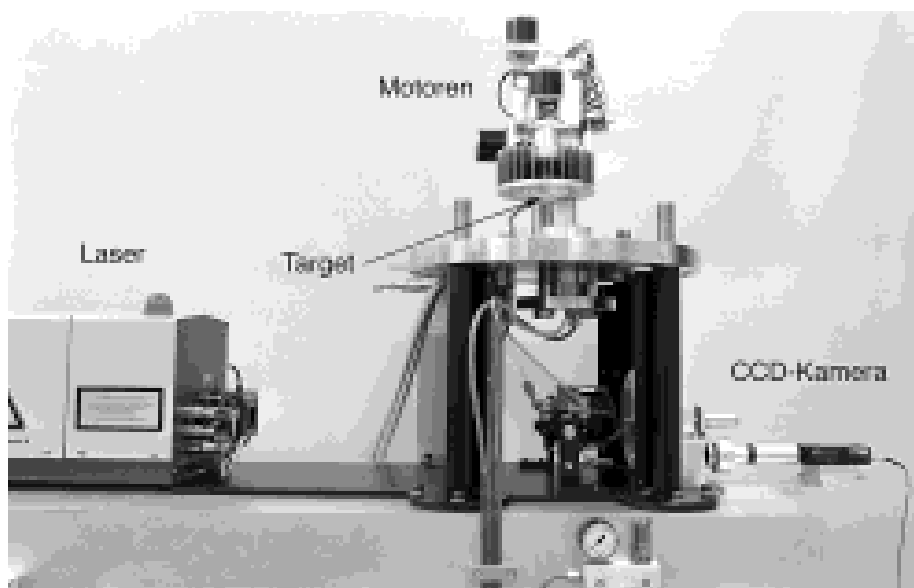


Bild 3: Optische Einbauten und Apparatur zur Bewegung des Targets

ten im Bereich der dünneren Wand. Hierdurch können die Tropfen und Partikel bei kleinen Argonvolumenströmen lange in der heißen Zone gehalten werden und dadurch lange wachsen. Für die Erzeugung kleiner Partikel werden hohe Argonvolumenströme eingestellt, die die Tropfen und Partikel schnell aus der heißen Zone abtransportieren. Das Aerosol verläßt dann die Apparatur, und die Partikel werden auf einem Membranfilter ab-

geschieden, der mit einem Feldemissions-Rasterelektronen-Mikroskop (REM) untersucht wird. Mit diesem bildgebenden Verfahren können sowohl Aussagen über die Partikelgrößen als auch über die Morphologie der erzeugten Partikel gemacht werden.

Für die gezielte Erzeugung noch kleinerer Partikel ($x < 10\text{nm}$) wurde der Aufbau der Anlage modifiziert. Die entstehenden Partikel sollen möglichst schnell aus der heißen Zone abgezogen und verdünnt werden. Dadurch wird die Koagulationszeit gering gehalten und die Kollisionswahrscheinlichkeit der Partikel minimiert. Im Laserfokus verdampft wiederum die Keramik, und aus dem Dampf kondensieren direkt unterhalb des Fokus kleine Tropfen aus. Seitlich strömt durch eine winzige Lavalldüse (Innendurchmesser 0,3 mm) Helium mit Überschallgeschwindigkeit. Die Tropfen werden von dem kalten Heliumstrahl erfaßt, gekühlt und aus dem Laserstrahl transportiert. An dem der Lavalldüse gegenüberliegenden Röhrchen ist Unterdruck angelegt, so daß das Aerosol abgesaugt wird. In Bild 1(b) ist der prinzipielle Aufbau dargestellt. Durch den extrem schnellen Gasstrom verläßt das Aerosol den Bereich des Laserstrahls sofort, so daß die auskondensierenden Tropfen keine Energie durch Absorption der Laserstrahlung aufnehmen können; die gleichzeitige Verdünnung und Abkühlung hält die Koagulationsrate gering.

Die in Bild 1 dargestellten Funktionsprinzipien beinhalten lediglich das Kernstück der Anlage. Die Gesamtanlage läßt sich in die fünf Hauptelemente Energiequelle (Laser), optische Einbauten, Apparat zur Targetbewegung, Einbauten zur Partikelgrößensteuerung und Strahlungs-pyrometer unterteilen. In Bild 2 ist ein Foto der Gesamtanlage zu sehen und in Bild 3 ein Foto der optischen Einbauten und des Bewegungsapparates für das Target. ►



Bild 4: Aluminiumoxidpartikel mit breiter Partikelgrößenverteilung, erzeugt mit Sinterkörperaufbau (siehe Bild 1(a))

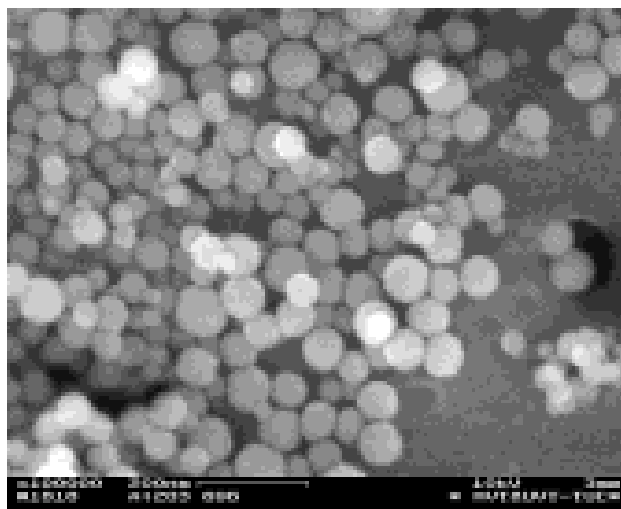


Bild 5: Aluminiumoxidpartikel mit enger Partikelgrößenverteilung, erzeugt mit Sinterkörperaufbau (siehe Bild 1(a)); sichtbar sind auch die Poren (ca. 100 nm) des Membranfilters.

Links in Bild 2 befindet sich der Laser mit dem dazugehörigen Schaltschrank. Unterhalb des Lasers steht die Pumpe zu dessen Kühlwasserversorgung. Rechts im Bild befindet sich in einer massiven Einhausung die Apparatur für die kontrollierte Kondensation. Die Anlage ist so konzipiert, daß die Versuche bei Überdruck bis 15 bar oder bei Unterdruck durchgeführt werden können. Der Druck hat Einfluß auf die Verdampfung, die Kondensation, die Koagulation und die Agglomeration, also alle Prozessschritte, die näher untersucht werden sollen. Unterhalb des Tisches befinden sich die Motorsteuerung zur Targetbewegung, die Volumenstrom-Regleinheit für das Argon und ein Leistungsmeßgerät zur Kontrolle der ausgekoppelten Laserleistung. In Bild 3 sind die Motoren zur Bewegung des Targets zu sehen, die optischen Einbauten zur Umlenkung der Laserstrahlung und rechts im Bild eine CCD-Kamera.

Mit der Kamera wird die Intensität der Wärmestrahlung gemessen, um die Temperaturverteilung in und um den Laserfokus zu berechnen.

Experimente

Die Partikelgrößenverteilung des erzeugten Aerosols wird durch die Aufenthaltsdauer der Partikel in dem Keramikkörper beeinflusst. Diese wird mit drei Argonvolumenströmen gesteuert (siehe Bild 1(a)). Volumenstrom 1 strömt seitlich unterhalb des Targets in Richtung des Fokus und wird dann in den kegeligen Teil des porösen Sinterkörpers umgelenkt. Dieser Volumenstrom hat die Funktion, den Dampf und die auskondensierenden Tropfen an der Diffusion radial nach außen zu hindern. Volumenstrom 2 strömt durch die Wand des porösen Sinterkörpers in den kegeligen Teil und verdünnt das Aerosol über der Höhe. Ein weiterer Volumenstrom 3 strömt seitlich zur Kühlung auf die Linse, wird durch die Linsenoberfläche nach oben umgelenkt und strömt dann den anderen beiden Volumenströmen entgegen. Alle drei Argonströme verlassen die Anlage gemeinsam mit den Partikeln.

Zunächst wurde ein keramischer Sinterkörper mit einem Innenkegel verwendet, dessen Durchmesser wesentlich größer war als der Laserstrahldurchmesser. Dadurch kam es zu ausgeprägten horizontalen Temperaturgradienten innerhalb der heißen Zone und damit zu Thermokonvektionsströmungen. Die Aufenthaltsdauer der Partikel schwankte

in einem weiten Bereich und führte zu breiten Partikelgrößenverteilungen. Bei den Experimenten entstanden teilweise feste Agglomerate, deren Partikel an den Kontaktstellen aneinandergesintert sind. Ein Beispiel für ein so erzeugtes Aerosol zeigt die REM-Aufnahme in **Bild 4**.

In weiteren Experimenten wurde ein poröser Sinterkörper (siehe Bild 1(a)) verwendet, dessen Innenkegel nur wenig breiter ist als der Durchmesser des konvergierenden Laserstrahls. Damit ließ sich eine gleichmäßige Temperatur- und Geschwindigkeitsverteilung im Aerosol erzeugen. **Bild 5** zeigt eine REM-Aufnahme von Aluminiumoxidpartikeln, die mit diesem engeren Sinterkörper erzeugt wurden: Die Partikel sind rund und wenig agglomeriert; die Partikelgrößenverteilung ist eng mit einem mittleren Partikeldurchmesser von 80 nm.

Mit dem in Bild 1(b) beschriebenen Aufbau konnten gezielt Partikel in einem Größenbereich von 1 nm bis 10 nm erzeugt werden. Eine REM-Aufnahme dieser Versuchsergebnisse ist in **Bild 6** dargestellt. Die maximalen Größen der Primärpartikel liegen bei 10 nm, die minimalen unter 1 nm. Die Partikel sind zu Ketten und Flocken agglomeriert. Die extrem kleinen Partikel sind auf der Aufnahme nur noch schlecht zu erkennen, da hier die Auflösungsgrenze des Rasterelektronenmikroskops erreicht wird.

Vergleich Experiment – Theorie

Die Koagulation, also das Partikelwachstum im flüssigen Zustand, setzt sich zusammen aus der Kollision und dem Verschmelzen der Tropfen. Es kann davon ausgegangen werden, daß zusammenstoßende Tropfen auch zu einem größeren Tropfen verschmelzen. Die treibende Kraft für die Koagulation ist (in Ermangelung äußerer Kräfte) die Bewegung der Partikel aufgrund ihrer thermischen Energie, also die Brownsche Bewegung. Analog zum Diffusionskoeffizienten läßt sich auch ein Koagulationskoeffizient definieren, ►

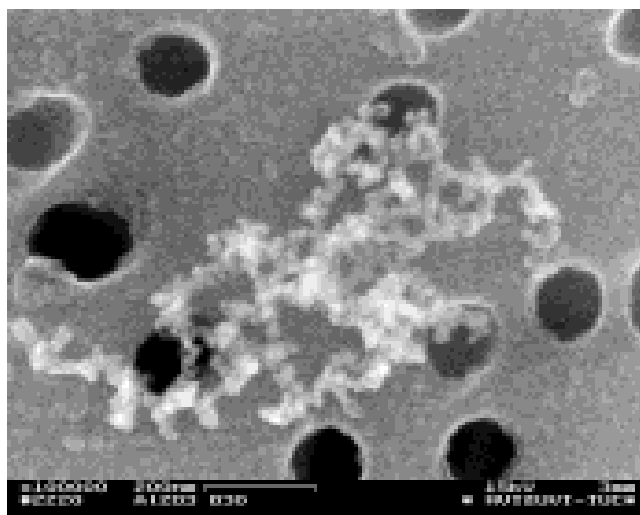


Bild 6: Aluminiumoxidpartikel mit enger Partikelgrößenverteilung, erzeugt mit Lavaldüsenaufbau (siehe Bild 1(b)); sichtbar sind auch die Poren (ca. 100 nm) des Membranfilters.

der neben der Beweglichkeit der Partikel auch von deren Kollisionswahrscheinlichkeit abhängt. Bei der Berechnung der eigentlichen Koagulation ist die Wachstumsrate der Partikel mit der Zeit von Interesse, und damit die zu erwartende Partikelgrößenverteilung. Die kontinuierliche Koagulationsgleichung [1] beschreibt die Partikelgrößenverteilung für Wachstum durch Tropfenkoagulation in Abhängigkeit von der Größenklasse und der Zeit: Für diese Koagulationsgleichung werden in der Literatur verschiedene Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt [1], [2], [3], [4], [5].

Die mittlere Partikelgröße x der durch Koagulation gebildeten Partikel hängt von der Konzentration der Partikel im Aerosol c_v , der Aufenthaltszeit in der heißen Zone t und dem Koagulationskoeffizienten K ab. Für den Koagulationskoeffizienten wurde ein konstanter Wert von $K = 10^{-15} \text{ m}^3/\text{s}$ eingesetzt. Die Volumenkonzentration c_v wird mit dem abgedampften Massenstrom berechnet. Dieser Massenstrom hängt von der Laserleistung und der Geschwindigkeit des Targets ab und wurde gravimetrisch gemessen. Die Koagulationszeit t ist abhängig von der Strömungsgeschwindigkeit in dem porösen Sinterkörper und der damit verbundenen Aufenthaltszeit der Tropfen in der heißen Zone.

In Bild 7 ist der nach dem Modell zu erwartende Verlauf von x über $(Kc_v t)^{1/3}$ als Gerade dargestellt. Des weiteren sind aus acht verschiedenen Experimenten ermittelte Meßpunkte mit den jeweiligen Versuchsnummern gekennzeichnet. Die mittlere Partikelgröße der erzeugten Aerosole wurde bildanalytisch aus REM-Aufnahmen berechnet. Die Volumenkonzentration c_v wurde durch die Laserleistung und die Koagulationszeit t durch die Volumenströme variiert; dabei wurde insgesamt ein Bereich von 6 Zehnerpotenzen abgedeckt. Trotz der sehr vereinfachten Annahmen bei der Modellierung der Koagulation ist die Übereinstimmung mit den Experimenten gut. Der Meßpunkt von Versuch 8 – das Experiment wurde mit dem in Bild 1(b) gezeigten Aufbau durchgeführt – liegt der theoretischen Kurve am nächsten. Die mit der Lavaldüse erzeugten Partikel entsprechen in ihrer Größe denen, die nach dem Modell zu erwarten sind. Die getroffenen Annahmen einer konstanten Volumenkonzentration und eines konstanten Koagulationskoeffizienten sind in diesem Fall gerechtfertigt. Das Koagulationsvolumen ist sehr klein, so daß sich darin die Volumenkonzentration nicht ändert. Die Partikel haben nach ihrer Entstehung durch Nukleation und Kondensation keine Zeit zu wachsen. Für die ersten Kollisionen ist der konstante Koagulationskoeffizient zutreffend, da alle Partikel die gleiche Größe haben. Die Versuche 6 und 7 unterscheiden sich von den anderen Versuchen durch extrem niedrige Volumenströme, d.h. lange Aufenthaltszeiten in der heißen Zone. Dadurch waren die – immer vorhandenen – Störungen durch die Thermokonvektion nicht mehr vernachlässigbar, die aber in dem Koagulationsmo-

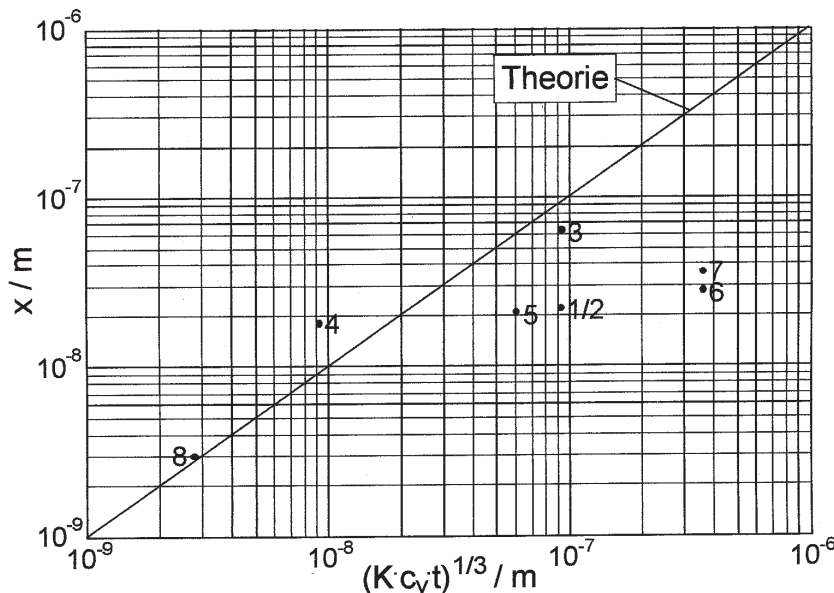


Bild 7: Experimentelle Ergebnisse: mittlere Partikelgrößen x , die mit verschiedenen Volumenkonzentrationen c_v und Aufenthaltszeiten t erzeugt wurden. Versuche 1 bis 7 mit Apparatur nach Bild 1(a); Versuch 8 mit Apparatur nach Bild 1(b). Im Vergleich wird der theoretische Verlauf (Gerade) gezeigt.

dell nicht enthalten sind.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß mit der Laserverdampfung und der kontrollierten Kondensation als Erzeugungsverfahren für Nanopartikel die Partikelgröße in einem weiten Bereich variiert und die Breite der Partikelgrößenverteilung gezielt gesteuert werden kann. Ebenso können die bei der Partikelbildung aus der Dampfphase ablaufenden Prozesse – Verdampfung, Nukleation, Kondensation und Koagulation – in guter Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen modelliert werden. Weitere Einzelheiten werden in [6] dargestellt. Der hier entwickelte Aerosolgenerator bildet die Grundlage für ein neues Forschungsvorhaben. Es ist geplant, Sinterexperimente mit den hier erzeugten Nano-Aerosolen in einem Hochtemperaturreaktor durchzuführen. Damit kann das Partikelwachstum in der festen Phase isoliert untersucht werden. Ziel dieses weiterführenden Vorhabens ist es, die Ermittlung von Materialdaten für das Sintern von Nanopartikeln evtl. weiterzuentwickeln, um damit Modelle zur Partikelbildung zu überprüfen, und damit auf dem Weg zu sogenannten „Partikeln nach Maß“ einen Schritt weiter zu kommen.

Literatur

- [1] Seinfeld, J.H.:
Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution;
John Wiley & Sons, New York (1986).
- [2] Friedlander, S.K.:
Smoke, Dust and Haze; ISBN 0-471-01468-0
(1997).
- [3] Otto, E.; Stratmann, F.; Pratsinis, S.E.;
Fissan, H.:

Brownian Coagulation in the Transition Regime I:

SelfPreserving Size Distributions;
J. Aerosol Sci., Vol.24 (1993), 347–348.

- [4] Otto, E.; Stratmann, F.; Fissan, H.; Vemury, S.; Pratsinis, S.E.:

Brownian Coagulation in the Transition Regime I:

A Comparison of Two Modelling Approaches;
J. Aerosol Sci., Vol.24 (1993), 535–536.

- [5] Otto, E.; Stratmann, F.; Fissan, H.; Vemury, S.; Pratsinis, S.E.:

Brownian Coagulation in the Transition Regime II:

SelfPreserving Size Distributions;
J. Aerosol Sci., Vol.25 (1994), 383–384.

- [6] Kerber, C.:

Erzeugung von Nanopartikeln durch Laserverdampfung;
ISBN 3-8265-4026-3
Zugl.: Diss. TU Clausthal, 1998.

Anm. d. Red.: Frau Dr. Kerber wurde für ihre Dissertation mit dem Förderpreis des Vereins von Freunden 1999 ausgezeichnet.

Dr.-Ing. Christiane Kerber
Dipl.-Ing. Rolf Sanders
Prof. Dr.-Ing. Reiner Weichert
Institut für Mechanische Verfahrenstechnik
Leibnizstraße 19
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: 05323/72-2309
Fax: 05323/72-2830
E-Mail: tower@mvt.tu-clausthal.de

Technikbewertung in Lehre und Forschung

Von Michael F. Jischa

Bei dem Aufsatz handelt es sich um die Kurzfassung eines Buchartikels „Technikfolgenabschätzung in Lehre und Forschung“ in Petermann/Coenen (1999): „Technikfolgenabschätzung in Deutschland“. Campus, Frankfurt am Main, S. 165 – 195. Darin sind die hier angeführten Literaturstellen zu finden.

Die sechziger Jahre markieren einerseits einen Höhepunkt der Technikeuphorie (Sputnik, Mondlandung) und andererseits die beginnende Erkenntnis, daß technischer Fortschritt nicht unbedingt mit humanem Fortschritt gleichzusetzen ist. Diese Bewußtseinswende läßt sich in mehrfacher Weise verdeutlichen. Zum ersten wurde Mitte der sechziger Jahre in den USA der Begriff „Technology Assessment“ (TA) geprägt. Die TA-Diskussion führte bei uns – ebenso wie in vergleichbaren Ländern – zu wachsenden TA-Aktivitäten und der Einrichtung von entsprechenden Institutionen, die mit den Begriffen Technikbewertung oder Technikfolgenabschätzung verbunden sind. Zum zweiten wurde 1968 der Club of Rome gegründet, der 1972 seine erste Studie „Die Grenzen des Wachstums“ vorstellte. Drittens wurde Betroffenheitsliteratur wie etwa „Der stumme Frühling“ (1962) zunehmend zur Kenntnis genommen. Daraus erwuchs viertens eine anschwellende Nachhaltigkeitsdebatte, die über den Bericht „Global 2000“ (1980), den Brundtland-Bericht „Unsere gemeinsame Zukunft“ (1987) mit der Formulierung des Leitbildes „Sustainable Development“ einen vorläufigen Höhepunkt in der Agenda 21, dem Abschlußdokument der Rio-Konferenz für Umwelt und Entwicklung 1992, fand. Die TA-Debatten und Fragen einer Institutionalisierung sind darin fest verankert.

Meine Ausführungen sind in vier Abschnitte untergliedert und beginnen mit der zentralen Frage:

1. Warum soll TA in den (Ingenieur-) Wissenschaften verankert werden?

Ohne eine überzeugende Beantwortung der ersten Frage werden die weiteren Punkte gegenstandslos sein. Interessanterweise beginnen Diskussionen (insbesondere mit Bedenkenträgern) häufig mit dem wie, auch wenn eigentlich das warum gemeint ist. Von daher wende ich mich zunächst ausführlich der ersten Frage zu, um alsdann die folgenden Fragen zu behandeln:

2. Wie kann TA gelehrt werden?

3. Welches sind TA-relevante Forschungsthemen?

In beiden Fällen werde ich großen Wert darauf legen, auf Anschlußmöglichkeiten an etablierte Lehrinhalte und Forschungsthemen insbesondere in den Ingenieurwissenschaften hinzuweisen. Beispielhaft werde ich über eigene Erfahrungen an der TU Clausthal berichten.

Abschließend werde ich in

4. TA als Chance

darlegen, warum TA als fachübergreifende Disziplin hervorragend geeignet ist, die „Zwei Kulturen“ zusammenzuführen.

Warum soll TA in den Ingenieurwissenschaften verankert werden?

Bis vor gut zwei Jahrzehnten war der Fortschrittsglaube überall in der Welt ungebrochen. Insbesondere die Aufbauphase in unserem Land nach dem Zweiten Weltkrieg wurde davon getragen. Die Erde schien über nahezu unerschöpfliche Ressourcen zu verfügen, und die Aufnahmekapazität von Wasser, Luft und Boden für Schadstoffe und Abfälle schien unbegrenzt zu sein. Die Segnungen der Wissenschaft und Technik verhießen geradezu paradiesische Zustände.

Alles schien machbar zu sein, und man glaubte, daß Wohlstand für alle – und damit auch für die Entwicklungsländer – nur eine Frage der Zeit sei. Die Entwicklungsländer huldigen uneingeschränkt – ebenso wie die Länder des zerfallenden ehemals kommunistischen Teils der Welt – dem Fortschrittsglauben, während dieser in der industrialisierten Welt zunehmend ins Wanken gerät. Ironischerweise bedurfte es erst des Wohlstands, damit die im Wohlstand lebenden Gesellschaften die Technik und deren Segnungen zunehmend skeptisch beurteilen. Hierfür lassen sich in der westlichen Welt mehrere Ereignisse exemplarisch nennen.

1969 landeten zwei US-Astronauten als erste Menschen auf dem Mond. Dies markierte einerseits einen Höhepunkt der Technikeuphorie. Andererseits wurde über die Fernsehschirme die Botschaft zu uns getragen, daß unser Raumschiff Erde endlich ist, und daß wir alle in einem Boot sitzen.

Wenig später erschien 1972 (auf deutsch 1973) der erste Bericht an den Club of Rome unter dem provozierenden Titel „Die Grenzen des Wachstums“ (Meadows 1973), und ebenfalls 1972 führten die Vereinten Nationen eine erste Umweltkonferenz in Stockholm durch. Seit jener Zeit, die man als Zeit der ökologischen Bewußtseinswende in der westlichen Welt bezeichnen kann (von Lers-

ner 1992), beherrschen nicht mehr nur Fortschrittsglaube und Zukunftsoptimismus die öffentliche Diskussion. Vielmehr werden Fragen nach der Zukunftsfähigkeit unserer Gesellschaft gestellt, die als „Herausforderung Zukunft“ zusammengefaßt lauten (Jischa 1993 a):

„Die Fortschritte und Segnungen der Technik werden zunehmend von deren Gefahren und Risiken überschattet. Großtechnische Katastrophen, drohende Verelendung der Dritten Welt, Flüchtlingsströme als Folge krasser wirtschaftlicher Unterschiede, Energiekrisen, Treibhauseffekt, Waldsterben und Ozonloch, Müllberge, Verschmutzungen des Bodens, der Gewässer und der Luft, Raubbau an der Natur und Plünderung des Planeten Erde beherrschen zunehmend die Diskussion in den Medien.

Nichts hat die modernen Industriegesellschaften stärker geprägt als technische Innovationen. Nichts verändert Gesellschaften radikaler als der immer rascher fortschreitende technische Wandel. Seit einigen Jahrzehnten ist deutlich, daß bestimmte technische Entwicklungen schwerwiegende und irreversible Folgen haben, die zukünftigen Generationen nicht zu verantwortende Hypotheken aufladen.

Was müssen wir tun, um die Zukunft möglich zu machen? Welche Technologien sind in der Lage, eine dauerhafte und nachhaltige Entwicklung (sustainable development) der Menschheit zu gewährleisten? Die Fragen nach der Umwelt-, der Human-, der Sozial- und der Zukunftsverträglichkeit neuer Techniken erhalten einen immer größeren Stellenwert.“

Die internationale Diskussion über die Herausforderung Zukunft läßt sich durch drei Problemkreise beschreiben (Jischa 1993 b):

• Zunahme der Weltbevölkerung

Man spricht von Bevölkerungsexplosion, um die Dramatik zu verdeutlichen. Die wachsende Verelendung der Dritten Welt, die Flüchtlingsströme und das Asylantenproblem haben ihre Ursachen – neben anderen – ganz wesentlich in der Bevölkerungsexplosion.

• Versorgung der wachsenden Weltbevölkerung mit Energie und Rohstoffen

Das Versorgungsproblem ist bei den mineralischen Rohstoffen durch technologische Maßnahmen wie Recycling und Substitution durch andere Materialien deutlich entschärft worden. Bei den Energierohstoffen und auch bei den natürlichen Ressourcen „sauberes“ Wasser und „saubere“ Luft wird es in naher Zukunft zu Verteilungskämpfen kommen.

• Zerstörung der Umwelt

Diese ist ursächlich mit den beiden ersten Problemkreisen verknüpft sowie mit der Art der Technologien, mit denen wir unseren Wohlstand erhalten oder gar mehr. Hierzu gehören im einzelnen der Treibhauseffekt, das Waldsterben, das Ozonloch, die Müllberge, die Verschmutzungen des Bodens, der Gewässer und der Luft sowie großtechnische Katastrophen.

Ein frühes aufrüttelndes Signal setzte die amerikanische Biologin Carson mit ihrem inzwischen ►

zum Kultbuch der Ökologiebewegung avancierten Band „Der stumme Frühling“ (Carson 1963). Zehn Jahre später schockierten D. und D. Meadows mit dem ersten Bericht „Die Grenzen des Wachstums“ an den 1968 gegründeten Club of Rome die Öffentlichkeit (Meadows 1973). Ihr Buch hat inzwischen eine Auflage von über 10 Mio. erreicht. Knapp zehn Jahre danach erschien der von Carter, dem damaligen Präsidenten der USA, initiierte „Bericht an den Präsidenten“ (Global 2000, 1980).

Im Jahr 1987 folgte der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung mit dem Titel „Our Common Future“ und kurz darauf die deutsche Version „Unsere gemeinsame Zukunft“ (Hauff 1987). Dieser Bericht hatte maßgeblichen Anteil daran, das Leitbild Sustainable Development einer größeren Öffentlichkeit nahegebracht und damit die Diskussion in Gang gesetzt zu haben.

Der entscheidende Durchbruch hin zum heutigen Diskussionsstand erfolgte nach der Rio-Konferenz für Umwelt und Entwicklung im Jahre 1992. Die Vereinten Nationen hatten geplant, 20 Jahre nach der ersten Umweltkonferenz 1972 in Stockholm eine zweite Umweltkonferenz 1992 in Rio de Janeiro durchzuführen. Diese war schon in der Vorbereitungsphase von nahezu unüberbrückbaren Gegensätzen gekennzeichnet. Aus Sicht der Industrieländer hat der Umweltschutz oberste Priorität. Sie sehen die Bevölkerungsexplosion in der Dritten Welt als Hauptursache für die Umweltkrise an. Die Entwicklungsländer halten dagegen die Verschwendung und den ungebremsten Konsum in der Ersten Welt für die Hauptursache der Umweltkrise und fordern für sich „erst Entwicklung, dann Umweltschutz“.

Diese Auseinandersetzung im Vorfeld führte dazu, daß die Weltkonferenz schließlich die Bezeichnung UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung (UNCED = United Nations Conference on Environment and Development) trug. Auch wenn die Mammutkonferenz nur wenige konkrete Ergebnisse hervorgebracht hat, so hat sie die derzeitige Situation, die tragische Ausmaße aufweist, in drastischer Weise deutlich gemacht.

Gelingt es den Entwicklungsländern, das Wohlstandsmodell der Industrieländer erfolgreich zu kopieren (was sie mit unserer Hilfe mehr oder weniger erfolgreich versuchen), so wäre das der ökologische Kollaps des Planeten Erde. Davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man den derzeitigen Verbrauch der Industrieländer an Primärenergie und Rohstoffen sowie die damit verbundenen Umweltprobleme auf die Entwicklungsländer hochrechnet.

Somit lautet die schlichte Erkenntnis, daß die Dritte Welt nicht mehr so werden kann, wie die Erste jetzt ist, und die Erste zwangsläufig nicht mehr so bleiben kann, wie sie noch ist. Kurz formuliert: Das Wohlstandsmodell der Ersten Welt ist nicht exportfähig.

Die Ergebnisse der Rio-Konferenz sind in der Agenda 21 zusammengestellt (BMU 1992). Das hat dazu geführt, daß die Begriffe „Leitbild Nach-

haltigkeit“ und „Agenda 21“ zunehmend synonym verwendet werden.

Alle politischen Parteien und alle gesellschaftlichen Gruppen in unserem Land bekennen sich zu dem Leitbild Nachhaltigkeit. Was darunter einvernehmlich verstanden wird, kann z. B. einem Positionspapier des Verbandes der Chemischen Industrie entnommen werden (VCI 1994):

„Die zukünftige Entwicklung muß so gestaltet werden, daß *ökonomische, ökologische und gesellschaftliche* Zielsetzungen gleichrangig angestrebt werden. ... Sustainability im *ökonomischen* Sinne bedeutet eine effiziente Allokation der knappen Güter und Ressourcen. Sustainability im *ökologischen* Sinne bedeutet, die Grenze der Belastbarkeit der Ökosphäre nicht zu überschreiten und die natürlichen Lebensgrundlagen zu erhalten. Sustainability im *gesellschaftlichen* Sinne bedeutet ein Höchstmaß an Chancengleichheit, Freiheit, sozialer Gerechtigkeit und Sicherheit.“

Die Überzeugungskraft des Leitbildes Sustainability = Nachhaltigkeit ist offensichtlich groß. Mindestens ebenso groß scheint jedoch die Unverbindlichkeit dieses Leitbildes zu sein, da die verschiedenen gesellschaftlichen und politischen Gruppen jeweils „ihrer“ Säule (entweder der Wirtschaft, der Umwelt oder der Gesellschaft) eine besonders hohe Priorität zuerkennen. Zielkonflikte sind vorprogrammiert, politische und gesellschaftliche Auseinandersetzungen belegen dies.

Das Leitbild Nachhaltigkeit ist allseits akzeptiert, aber diffus formuliert. Die fällige Umsetzung leidet sowohl an ständigen Zielkonflikten als auch an fehlender Operationalisierbarkeit. Sowohl der Bericht der Brundtland-Kommission als auch die Agenda 21 haben das Leitbild Sustainable Development bewußt diffus formuliert. Es hat den Charakter eines allgemeinen Grundsatzprogramms und hält Fragen nach der Operationalisierung und Instrumentalisierung weitgehend offen.

Damit wurde ein hohes Maß an internationaler Konsensfähigkeit erreicht. Die unerläßliche Anschluß- und Resonanzfähigkeit des Leitbildes an bestehende und etablierte Konzepte und Paradigmen waren damit gegeben.

Der dafür gezahlte Preis war hoch. Das Leitbild läßt völlig offen, wie die konsensstiftende Aussage „Die zukünftige Entwicklung muß so gestaltet werden, daß *ökonomische, ökologische und gesellschaftliche* Zielsetzungen gleichrangig angestrebt werden“ umgesetzt werden kann und soll. Das Vernebelungspotential des Leitbildes ist enorm und fordert zu Alibihandlungen geradezu auf.

Halten wir als Fazit fest: Das generelle Ziel Nachhaltigkeit ist allseits akzeptiert, weil diffus formuliert. Die fällige Umsetzung leidet sowohl an ständigen Zielkonflikten, als auch an fehlender Operationalisierbarkeit. Für Naturwissenschaftler und Ingenieure läßt sich aus dem Zielsystem „Sustainability = Nachhaltigkeit“ folgende interdisziplinär zu behandelnde Aufgabe formulieren: Wie kann Technik human-, sozial-, umwelt- und zukunftsverträglich gestaltet werden? Damit ist die zentrale Aufgabe der neuen Disziplin „Technikbe-

wertung“ umrissen, die sich an einigen Hochschulen in Forschung und Lehre zu etablieren beginnt. Hierzu (Jischa 1997a):

„Die Ingenieure haben technische Entwicklungen schon immer bewertet, das ist keine neue Fragestellung. Bislang bezog sich deren Bewertung nahezu ausnahmslos auf zwei Bereiche: einerseits auf technische Aspekte wie Funktionalität und Sicherheit und zum anderen auf ökonomische Fragen nach deren Wirtschaftlichkeit innerhalb vorgegebener rechtlicher und fiskalischer Randbedingungen.“

Das Leitbild Zukunftsfähigkeit ist umfassender. Nunmehr muß der Werthorizont technischer Entwicklungen auf Fragen der Umweltqualität (Umweltverträglichkeit) und der Lebensqualität (Sozial- und Humanverträglichkeit) ausgedehnt werden. Dies ist eine hochrangig interdisziplinäre Fragestellung“.

Thesenartig zugespitzt bedeutet das (Jischa 1997b):

- „Die ökologischen und sozialen Probleme sind (oder werden) von solcher Dimension, Tragweite und Komplexität, daß alle wissenschaftlichen Disziplinen einen Beitrag zu ihrer Lösung leisten müssen.“
- Technikbewertung kann *das* Konzept zur Beantwortung der Frage sein: Welche Technologien sind in der Lage, eine nachhaltige und dauerhafte Entwicklung der Menschheit zu ermöglichen?“

Die durch Technik erzeugten Probleme können nur mit Technik gelöst werden. Die entscheidende Frage lautet: Welche Technik ist nachhaltig? Insbesondere für Natur- und Ingenieurwissenschaftler ergibt sich daraus folgende Aufgabenstellung; auch und gerade bei einer diffus formulierten Zielvorgabe sind folgende Probleme zu behandeln:

- Unterschiedliche Szenarien müssen *verglichen* werden.
- Relevante *Indikatoren* müssen entwickelt werden.
- Dies ist nur möglich auf der Basis *quantifizierbarer* Aussagen.
- Quantifizierung verlangt *Meßbarkeit*.
- Vergleichbarkeit verlangt *Bewertung*.
- Bewertung verlangt *Kriterien*.

Auch in der Forschungspolitik tritt die Bedeutung vernetzter Nachhaltigkeitsforschung immer deutlicher zutage. So schreibt der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen in der Einleitung zu seinem Jahresgutachten 1996 (WBGU 1996, S. 3):

„Erstmals in der Geschichte wirkt sich menschliches Handeln auf die Erde als Ganzes aus. Die daraus resultierenden globalen Umweltveränderungen bestimmen das Verhältnis der Menschheit zu ihren natürlichen Lebensgrundlagen völlig neu. Dieser in seiner Geschwindigkeit einzigartige, vielfach bedrohliche Transformationsprozeß wird als *Globaler Wandel* bezeichnet. Er kann nur verstanden werden, wenn die Erde als *ein* System begriffen wird. Auch für die Wissenschaft ist dies eine große Herausforderung: Sie muß erklären, wie sich das System Erde durch anthropogene Eingriffe ►

verändert, wie umgekehrt diese Prozesse durch die natürliche Veränderung des Erdsystems beeinflusst werden und schließlich, ob und in welchem Maße Steuerungsmöglichkeiten des Globalen Wandels bestehen. ...

Forschung zum Globalen Wandel, im vorliegenden Gutachten als *GW-Forschung* bezeichnet, stellt somit hohe Ansprüche an Integrationsfähigkeit, Flexibilität und Vorstellungskraft von Wissenschaftlern, Förderinstitutionen und Nutzern. Innovative Leitlinien und Strukturen sind erforderlich, um den jeweiligen Problemkomplex forschungsgerecht zu gliedern und Lösungskompetenz zu erarbeiten. Die „klassische“ Umweltforschung wird diesen Ansprüchen bisher nicht gerecht.“

Der in dem WBGU-Gutachten thematisierte Systembegriff führt unmittelbar zu einer Anschlußmöglichkeit an ein klassisches und gleichzeitig überaus modernes – weil übergreifendes – Ingenieursfach, die Systemtechnik. Bevor ich darauf näher eingehe, möchte ich zur Vorgehensweise in der Technikbewertung aus der gleichnamigen VDI-Richtlinie 3780 zitieren (VDI 1991):

„Technikbewertung bedeutet hier das planmäßige, systematische, organisierte Vorgehen, das

- den Stand einer Technik und ihre Entwicklungsmöglichkeiten analysiert,
- unmittelbare und mittelbare technische, wirtschaftliche, gesundheitliche, ökologische, humane, soziale und andere Folgen dieser Technik und möglicher Alternativen abschätzt,
- aufgrund definierter Ziele und Werte diese Folgen beurteilt oder auch weitere wünschenswerte Entwicklungen fordert,
- Handlungs- und Gestaltungsmöglichkeiten daraus herleitet und ausarbeitet,

so daß begründete Entscheidungen ermöglicht und gegebenenfalls durch geeignete Institutionen getroffen und verwirklicht werden können.“

Am Ende des ersten Abschnitts „warum TA“ möchte ich einige unterstützende Aussagen des VDI zitieren. Diese haben mit dem offenkundigen Befund zu tun, daß die nichtintendierten Folgen technischer Entwicklungen mit beschleunigter Dynamik deren angestrebte Ziele konterkarieren und daß unerwünschte Neben- und Folgewirkungen den technischen Fortschritt zunehmend verdunkeln. Daher wird neben dem unverzichtbaren Fachwissen, dem Verwertungs- und Verfügungswissen, das Orientierungswissen für Ingenieure immer wichtiger. Der Verein Deutscher Ingenieure spricht in seiner Empfehlung für eine zukunftsorientierte Ingenieurqualifikation gar von einer „Ingenieurausbildung im Umbruch“. In deren Präambel heißt es (VDI 1995):

„Der grundlegende Strukturwandel in Technik, Wirtschaft und Gesellschaft, ausgelöst einerseits durch neue wissenschaftliche Erkenntnisse, durch fortschreitende Internationalisierung der Märkte und Verschärfung des Wettbewerbs und andererseits durch steigendes Umweltbewußtsein, durch die ambivalente Einstellung der Gesellschaft zur Technik und die Ambivalenz der Technik selbst, stellt neue Anforderungen an die Qualifikation der

Ingenieure.

Im Zuge dieses Strukturwandels sind neben den fachlichen Kenntnissen und Fähigkeiten zunehmend Teamfähigkeit, Methodenkompetenz, systemisches und vernetztes Denken erforderlich. Erwartet werden auch Urteils- und Handlungskompetenz in Zusammenhang mit gesellschaftlichen, interkulturellen, politischen, ökonomischen und ökologischen Bedingungen und Folgen der Entstehung und Verwendung von Technik.

Daraus ergeben sich grundlegende Änderungen in der Struktur des Bildungswesens, der Auswahl der Studieninhalte und der Lehrmethoden.“

In welcher Weise die Struktur der Studieninhalte verändert werden sollte, wird in der Empfehlung mit expliziter Nennung der Disziplin „Technikbewertung“ so verdeutlicht:

„Den Kern der im Studium zu erwerbenden Ingenieurqualifikation sollte ein breites Spektrum an mathematisch-naturwissenschaftlichem, technischem und übergreifendem Grundlagenwissen bilden. Dieses sollte sich über alle in Betracht kommenden Ausbildungsfächer erstrecken und dadurch die Basis für die später erforderliche berufliche Mobilität legen. Die fundierte Vermittlung breiter Grundlagen im Studium ist auch deshalb so wichtig, weil diese später im Berufsleben nur schwer nachzuholen ist.

Zum modernen Grundlagenwissen gehören nach Meinung des VDI auch ökologische Kenntnisse im Anwendungszusammenhang der jeweiligen Technologie und Kenntnisse über Inhalte und Verfahren der Technikbewertung.

Auf diesen Grundlagen aufbauend sollte die Vermittlung von anwendungsbezogenem technischen Wissen in Form einer exemplarischen Vertiefung in wenigen technischen Arbeitsgebieten folgen. Die Wissensvermittlung soll auch die relevanten fachübergreifenden und nichttechnischen Aspekte durch Einbeziehung in fachbezogene Lehrveranstaltungen berücksichtigen.“

Diese 1995 veröffentlichten Empfehlungen sind in einem Memorandum des VDI „Zum Wandel des Ingenieurberufsbildes“ bekräftigt worden (VDI 1997). Dennoch ist mir keine Hochschule bekannt, die die VDI-Empfehlungen auch nur annähernd umgesetzt hat. Denn die Empfehlung schlägt unmißverständlich vor, den Umfang der Vertiefung und Anwendung zugunsten der Grundlagenausbildung und der fachübergreifenden Inhalte zu reduzieren. Damit ist der Widerstand der anwendungsorientierten Fachkollegen vorprogrammiert. Die Empfehlung drückt sich auch nicht um eine Quantifizierung ihrer Vorschläge herum; so heißt es (VDI 1995, VDI 1997):

„Der VDI empfiehlt, die viergliedrige Inhaltsstruktur der Ingenieurausbildung mit 30 Prozent mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen, 30 Prozent technischen Grundlagen, 20 Prozent exemplarischer Vertiefung in einem Anwendungsgebiet und 20 Prozent nichttechnischen Inhalten zu gewährleisten, die Einzeldisziplinen untereinander zu verzahnen und kontinuierlich an die technische und gesellschaftliche Entwicklung anzupassen.“

Wie kann TA gelehrt werden?

An dieser Stelle folgt exemplarisch die Schilderung eines erfolgreichen bottom-up Ansatzes an der TU Clausthal, getragen zunächst allein von dem Engagement des Autors und alsbald beflügelt durch das enorme Interesse der Studenten und jüngeren Mitarbeiter. Am Anfang stand die Vorlesung „Herausforderung Zukunft“, erstmalig gehalten im Wintersemester 1991/92 im Rahmen des Studiums generale und wie folgt gegliedert:

1. Menschheitsgeschichte und Umwelt,
2. Wachstum und Rückkopplung,
3. Bevölkerungsdynamik,
4. Energie,
5. Treibhauseffekt und Ozonloch,
6. Unsere Umwelt,
7. Endliche Ressourcen,
8. Die Dritte Welt,
9. Technik und Ethik,
10. Modelle und Prognosen,
11. Wer kann was tun?

Die drängende Nachfrage der studentischen wie auch der externen Hörer nach Vorlesungsunterlagen führte zu dem gleichnamigen Buch (Jischa 1993a). Aus dieser *Sensibilisierungsvorlesung* sind bislang zwei weitere Vorlesungen entstanden. Ausgehend von dem Kapitel „Technik und Ethik“, in dem auf die VDI-Richtlinie Technikbewertung und auf die Geschichte der TA-Entwicklung eingegangen wird, haben B. Ludwig und der Autor gemeinsam eine *Operationalisierungsvorlesung* mit dem Titel „Technikbewertung“ konzipiert und diese erstmalig im Wintersemester 1994/95 ebenfalls im Rahmen des Studiums generale angeboten.

Die Gliederung der Vorlesung „Technikbewertung“ sei kurz vorgestellt (Jischa/Ludwig 1996). In einer ausführlichen Einleitung werden thematisiert: Warum brauchen wir Technikbewertung als Zusammenfassung der „Herausforderung Zukunft“ (Jischa 1993a). Danach wird die Frage nach der Verantwortung für Technik zusammen mit dem Leitbild Nachhaltigkeit behandelt. Alsdann werden die historische Entwicklung und der Diskussionsstand von TA, TA-durchführende Institutionen sowie die VDI-Richtlinie 3780 (VDI 1991) besprochen. Es folgt ein Abriss der Systemtheorie, weil aus Ingenieurssicht der Zusammenhang von Technikbewertung und Systemanalyse naheliegender ist. Darin schließt sich die Besprechung publizierter TA-Studien an, die nach zwei Kriterien ausgewählt wurden: Relevanz des Themas und saubere Herausarbeitung der gewählten Methode(n).

Die Beschäftigung mit dem Kapitel „Modelle und Prognosen“ führte drittens zu der Konzipierung einer *Anschlußvorlesung*. Sie trägt den Titel „Dynamische Systeme in Natur, Technik und Gesellschaft“, erstmalig angeboten 1995, und wird durch numerische Simulationsexperimente attraktiv ergänzt (Jischa 1996).

Die hervorragende Akzeptanz der drei Vorlesungen hat zwischenzeitlich dazu geführt, daß diese als Pflichtfächer an der TU Clausthal eingeführt ►

wurden: „Herausforderung Zukunft“ als „Grundlagen des Umweltschutzes“ im Grundstudium des neuen Studienganges Umweltschutztechnik; „Technikbewertung“ im Hauptstudium der Studiengänge/-richtungen Umweltschutztechnik, Energiesystemtechnik, Rohstoff- und Geotechnik sowie Wirtschaftsingenieurwesen; „Dynamische Systeme in Natur, Technik und Gesellschaft“ im Hauptstudium des Studienganges „Energiesystemtechnik“. Die aufgeführten Vorlesungen werden von einer wachsenden Zahl von Studenten anderer Studiengänge als Wahlfächer belegt.

Die Aktivitäten in der Lehre sind von Beginn an durch Forschungsaktivitäten in Form von Promotions-, Diplom- und Studienarbeiten sowie Seminarvorträgen ergänzt worden. Und da Wissenschaft an Universitäten Einheit von Forschung und Lehre bedeutet, möchte ich im folgenden auf Forschungsthemen eingehen.

Welches sind TA-relevante Forschungsthemen?

Ausgangspunkt der folgenden Überlegungen ist die Aussage, daß das allseits akzeptierte, aber diffus formulierte Leitbild Sustainable Development, kurz Nachhaltigkeit, mit dem Konzept *Technikbewertung* operationalisiert werden kann (Jischa 1997a, Ludwig 1997). Daraus ergeben sich geradezu zwangsläufig zahlreiche disziplinäre wie auch interdisziplinäre Forschungsthemen. Dies soll im folgenden dargelegt werden.

Das Leitbild Nachhaltigkeit ruht auf drei Säulen, der ökologischen, der ökonomischen und der sozialen. Somit bedeutet Nachhaltigkeit den Erhalt der lebenswichtigen Funktionen in natürlichen, in wirtschaftlichen und in sozialen Systemen. Es geht darum, Naturkapital, Geldkapital sowie Sozial- und Humankapital zu erhalten. Erhaltung verlangt Erfassung, Meßbarkeit und Bewertung.

Problembewußtsein, Medieninteresse, öffentliche und politische Wahrnehmung und damit auch Förderung sind den drei Nachhaltigkeitssäulen bislang ungleich zuteil geworden. Im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit stand bisher eindeutig die ökologische Säule. Dies hat zu einer starken Ausweitung klassischer Umweltforschung wie etwa der Klimaforschung (z. B. Treibhauseffekt, Ozonloch) und der Waldschadensforschung (z. B. Versauerung von Böden, Eutrophierung der Gewässer), kurz der Ökosystemforschung geführt. Entsprechend zahlreich und systematisch aufbereitet ist hierzu die verfügbare Literatur.

Umweltforschung beinhaltet die Formulierung erstens von Umweltschutzziele (Erhalt der Struktur und Funktionen der natürlichen Systeme), zweitens von Umweltqualitätszielen (Sollwerte, Grenzwerte) und drittens von Umwelthandlungszielen (z. B. produktionsintegrierter Umweltschutz). Die Bewertung des Naturkapitals erfolgt beispielsweise durch Regeln für ein Stoffstrom-Management (Enquete-Kommission 1998, S. 46):

- (1) Die Abbaurate erneuerbarer Ressourcen soll deren Regenerationsraten nicht überschreiten. Dies entspricht der Forderung nach Aufrecht-

erhaltung der ökologischen Leistungsfähigkeit, d. h. (mindestens) nach Erhaltung des von den Funktionen her definierten ökologischen Realkapitals.

- (2) Nicht-erneuerbare Ressourcen sollen nur in dem Umfang genutzt werden, in dem ein physisch und funktionell gleichwertiger Ersatz in Form erneuerbarer Ressourcen oder höherer Produktivität der erneuerbaren sowie der nicht-erneuerbaren Ressourcen geschaffen wird.
- (3) Stoffeinträge in die Umwelt sollen sich an der Belastbarkeit der Umweltmedien orientieren, wobei alle Funktionen zu berücksichtigen sind, nicht zuletzt auch die „stille“ und empfindlichere Regelungsfunktion.
- (4) Das Zeitmaß anthropogener Einträge bzw. Eingriffe in die Umwelt muß im ausgewogenen Verhältnis zum Zeitmaß der für das Reaktionsvermögen der Umwelt relevanten natürlichen Prozesse stehen.
- (5) Gefahren und unvermeidbare Risiken für die menschliche Gesundheit durch anthropogene Einwirkungen sind zu vermeiden.

Darüber hinaus thematisiert die Enquete-Kommission den Übergang von der Umweltforschung hin zur Nachhaltigkeitsforschung, indem ausgehend von dem Leitbild Nachhaltigkeit der Bewertungsprozeß als Entscheidungskette in folgende Abschnitte gegliedert wird (Enquete-Kommission 1994, S. 434 f.):

1. Aufstellung grundlegender Regeln einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung
2. Aufstellung von Schutz- und Gestaltungszielen für die Bereiche Ökologie, Ökonomie und Soziales, orientiert am Leitbild Nachhaltigkeit
3. Entwicklung von Bewertungskriterien
4. Ableitung von Indikatoren und Parametern
5. Bewertung bezüglich einzelner Schutz- und Gestaltungsziele
6. Bewertung durch Gewichtung und Prioritätensetzung unter Einbeziehung von Schaden und Nutzen

Diese Gliederung weist starke Ähnlichkeit mit der Vorgehensweise in der Technikbewertung auf.

In Fortführung der Argumentation der Enquete-Kommission schreibt der WBGU in seinem schon eingangs zitierten Jahresgutachten 1996 (WBGU 1996): „Der Fokus des vorliegenden Jahresgutachtens geht über die „klassische“ naturwissenschaftliche Umweltforschung hinaus und bezieht so die ökologischen, ökonomischen und soziokulturellen Aspekte des Globalen Wandels mit ein.“

Folgende Kriterien für die Auswahl von Forschungsthemen zum Globalen Wandel werden genannt (WBGU 1996): Globale Relevanz, Dringlichkeit, Wissensdefizit, Verantwortung, Betroffenheit, Forschungs- und Lösungskompetenz.

Nunmehr komme ich auf die zu Beginn dieses Abschnitts formulierte These zurück: TA als Operationalisierung des Leitbildes Nachhaltigkeit bedeutet, die Stabilität komplexer dynamischer (ökologischer, ökonomischer, sozialer) Systeme zu untersuchen mit dem Ziel, Stabilitätsrisiken zu verringern. Daraus resultiert Forschungsbedarf in den Feldern:

1. Zustandsbeschreibung durch Nachhaltigkeitsindikatoren
 2. Umgang mit unsicherem, unscharfem sowie Nicht-Wissen
 3. (Weiter-) Entwicklung von Methoden und Instrumenten
 4. Orientierung an Werten und Umgang mit Wertkonflikten
 5. Simulation dynamischer Systeme
- Der erste und der fünfte Punkt sind aus Ingenieursicht von zentraler Bedeutung. Sie rahmen die Problemkreise zwei bis vier ein, die aus Sicht anderer Disziplinen zweifellos ihren eigenen Stellenwert besitzen. Hierauf bin ich in der Langfassung ausführlich eingegangen.

TA als Chance

Mir ist neben der TA keine Disziplin bekannt, in der Vertreter der „Zwei Kulturen“ (Snow 1967), der Natur- und Ingenieurwissenschaften einerseits sowie der Geistes- und Gesellschaftswissenschaften andererseits, auf eine so selbstverständliche Weise zusammenkommen. Das Konzept TA, ob nun Technikfolgenabschätzung, Technikbewertung, Technikgestaltung, Systemanalyse, Innovationsforschung, Potentialanalyse oder gar Management komplexer Systeme genannt, führt die (meisten) wissenschaftlichen Disziplinen über die Frage nach der Operationalisierung des Leitbildes Nachhaltigkeit zusammen. Darin liegt eine Chance, die „Zwei Kulturen“ über das entscheidende Problem der Menschheit, wie wir morgen leben werden und leben wollen, zusammenzuführen.

Hinzu kommt, daß die ständige Ausdifferenzierung der wissenschaftlichen Disziplinen eine Gegenbewegung erzeugen wird. Neben der unverzichtbaren und unbestreitbaren disziplinären Kompetenz wird die interdisziplinäre Forschung an Bedeutung zunehmen. Wir werden verstärkt Generalisten benötigen, etwa nach dem Motto eines Aphorismus von Lichtenberg: „Wer nur die Chemie versteht, versteht auch die nicht ganz.“

Die TA-Disziplin hat die Chance, eine Antwort auf die zentrale Frage zu finden, die ich zum Abschluß in zwei Versionen stellen möchte. Die erste Formulierung stammt von einem Physiker und Philosophen mit Erfahrungen in Wissenschaft und Politik (Meyer-Abich 1988): „Weiß die Wissenschaft, was wir für die Zukunft der Industriegesellschaft wissen müssen?“

Die zweite Formulierung stammt von einem Ingenieur mit Erfahrungen in Wissenschaft und Wirtschaft (Neiryneck 1995): „Die Technik ist die Antwort, aber wie lautet eigentlich die Frage?“

Prof. Dr.-Ing. Michael F. Jischa
 Institut für Technische Mechanik
 Graupenstraße 3
 38678 Clausthal-Zellerfeld
 Tel.: 05323/72-2083
 Fax: 05323/72-2203
 E-Mail: Michael.Jischa@itm.tu-clausthal.de
 http://www.itm.tu-clausthal.de

CARL SCHNABEL

Wissenschaftler und Musensohn

Von Georg Müller

*Und der Metalle reine Blüte,
Die ich aus Rauch und Glut geholt,
Sie sprießt auch tief mir im Gemüte:
Des Eisens Kraft, der Treue Gold.*

Carl Schnabel (1907)



Die Zeit in einem Gesicht ... Carl Schnabel 1843 – 1914

Kein Lehrer der Bergakademie Clausthal hat sich derart in das Bewußtsein nachfolgender Generationen eingeprägt wie der Professor für Metallhüttenkunde Dr. phil. Carl Schnabel. Sein Name wäre schon vergessen, denn wissenschaftliche Leistungen sind in der Regel zeitgebunden; nur wenige wirken über längere Zeiträume nach. Was an ihn noch heute erinnert, sind seine Poesie und seine Lieder, und dies auch nur noch in dem einen, das noch immer häufig und gern gesungen wird: „*Es ragen dunkle Tannen zum Himmel ohne Zahl.*“ Wie lange wohl noch?

Wer sein sehr stark autobiographisch geprägtes Buch „Unter grünen Tannen des Oberharzes“ liest, das 1907 in Berlin erschien, erkennt zum einen in den zahlreichen Gedichten, aber auch bei vielen Textstellen seine tiefe Liebe zum Oberharz, zum anderen seine Sympathien für die fröhliche und ungebundene akademische Jugend. Obwohl sein Leben durchaus von Schicksalsschlägen begleitet war, hat seine rheinische Frohnatur den Kummer und Ärger stets besiegt, wenn es ihm auch mit zunehmendem Alter immer schwerer fiel.

Sein Buch leitete Schnabel mit einem langen Gedicht ein, von dem ich nur einige charakteristische

Verse wiedergeben will. Da heißt es:

„Nicht eisgekrönte Alpenhöhen, nicht Palmenpracht im fernen Land, nicht Meeresflut und blaue Seen: Der Oberharz hat mich gebannt. – Er ragt empor mit Grün umwoben. Die Tanne träumt auf Berg und Plan, es rauscht der Wind im Wald da droben, im Wald, der mir es angetan.“

Ein anderer Vers lautet:

„Im Städtchen tönt der Burschen Singen und Blumenlied und Gläserklingen; das ist die Bergstudentenschaft, Gestalten voll von Jugendkraft, den Frohsinn und den Mut im Herzen, auf Wang und Stirne Quart und Terzen.“ ►

Abschließend sagt er:

„Was ich im grünen Wald erlauschte, was mir die dunkle Tanne rauschte, halb Traumgebilde, halb erlebt, das sei mit Dichtung bunt verwebt und mit des Frohsinns Band umwunden, Dir, Oberharz, zum Strauß gebunden, den ich im grünsten Waldgehege an deinem Fuße niederlege. Auf daß, ob Zeiten längst vergangen, ob Traum, ob Jugend längst verweht, durch deine Züge ernstbefangen, ein Lächeln der Erinnerung geht.“

Diese Empfindung, die Schnabel in den letzten vier Zeilen seines Gedichts zum Ausdruck bringt, ist es, die viele weißhaarige oder kahlköpfige Alte Herren Jahr für Jahr zurück nach Clausthal in den Harz zwingt und sie mit Freude Schnabels Lied der Bergakademie singen läßt.

Bis zur Hochschulreife

Carl Schnabel wurde am 3. März 1843 in Siegen geboren. Sein Vater Dr. Carl Schnabel war Naturwissenschaftler, hatte Chemie, Mineralogie und Geologie studiert, und leitete die Realschule 1. Classe in Siegen. Seine Mutter Hermine Schnabel, eine geborene Tilemann, starb bereits 1849. Die Erziehung des Sohnes Carl war streng, und es wurde darauf geachtet, daß er nicht verschwenderisch wurde. Während seine Schulkameraden über ein mehr oder weniger großzügig dotiertes Taschengeld verfügen konnten, bekam Carl nichts. Das brachte den Zehnjährigen auf die Idee, der Bibliothek seines Vaters Bücher zu entnehmen, sie ihrer Einbände zu berauben und die Seiten als Einwickelpapier an einen alten Krämer zu verkaufen. Neben der fälligen Prügel wurde er „wegen dieser eigentümlichen Verbreitung der Wissenschaft“ mitten im Dezember in den Ziegenstall gesteckt, von wo ihn die Magd völlig durchgefroren in ihr Bett holte.

Größer geworden, doch noch immer ohne Taschengeld, lernte er bei Hilfsleistungen im Privatlabor seines Vaters, daß viele Salze in heißem Wasser sehr viel löslicher sind als in kaltem. So ließ er durch Abkühlung der Lösung Salze auf Gesteinen auskristallisieren. Dafür verwandte er nur Stücke mit Drusen. Die Kristalle in den Hohlräumen beließ er, die auf den Rändern löste er ab. Besonders schön gelangen ihm rotgefärbte Kristalle mit Diamantglanz, die dem seltenen Krokoit von Beresowsk täuschend ähnlich sahen und dem Schüler bei einem Mineralienhändler Ersatz für das fehlende Taschengeld einbrachten. In seinen Erinnerungen schreibt Schnabel, das Sprichwort „Lügen haben kurze Beine“ habe bei seinen Fälschungen keine Geltung gehabt. Schnabel gesteht, daß die ihm peinliche Strafe darin bestanden habe, daß er im Gymnasium und später, als zur moralischen Reife gelangter Jüngling, dazu verurteilt war, „seine Fabrikate aus der Knabenzeit als Prachtstücke der Mineraliensammlungen von Bekannten und Verwandten zu bewundern.“

Gerade 17 Jahre alt geworden, erlangte Schnabel im März 1860 die Hochschulreife mit dem Prädikat „gut“. Sein Vater sah die Aussichten eines Privatdozenten für Chemie oder Geologie als

schlecht an und bestimmte seinen Sohn für das Studium des Berg- und Hüttenfachs. Schon zwei Wochen nach Carls Abitur schickte der Vater unter Beifügung eines Gesundheitszeugnisses ein Gesuch an das Oberbergamt Bonn und erhielt bereits nach zwei Tagen (!) den Bescheid der Zulassung.

Lehr- und Studienjahre

Am 16.4.1860 trat Schnabel sein Probejahr an und erhielt nach dessen Ablauf vom Bergamt Siegen bescheinigt, daß er bei seiner Beschäftigung in den Bergrevieren Müsen, Eisern und Gossebach eine gute Führung gezeigt habe. Die Vorprüfung bestand er, als Voraussetzung für die Aufnahme als Bergespectant durch das Oberbergamt Bonn, mit der Note „gut“. Das praktische Jahr seiner Expectantenzeit verbrachte Schnabel im westfälischen Revier Stadtbergen, auf der Saline Königsborn bei Unna, dem Kupferbergwerk Twiste, anschließend in der Eisenhütte Siegen und auf einer Markscheiderei. Sein Tagebuch weist für die Monate November/Dezember 1861 vier Grubenbefahrungen und den Besuch zweier Hütten aus.

Sein Studium absolvierte Schnabel vom SS 1862 bis einschließlich SS 1865 an den Universitäten Bonn und Berlin sowie an der Bergakademie Berlin. In den vorlesungsfreien Zeiten arbeitete er in den Bergrevieren Aachen, Düren, Eisleben, Dillenburg und auf der Königshütte in Oberschlesien.

1863 trat Schnabel in Berlin dem Berg- und Hüttenmännischen Verein bei und gehörte seiner Aktivitas bis 1865 an. Am 7./8.8.65 bestand er die Berg-Eleven-Prüfungen an der Bergakademie Berlin. Für seine Arbeit „Die Gewinnung von Kupfernickel aus den nassauischen Nickelerzen mit Berücksichtigung des Betriebes auf der Isabellenhütte bei Dillenburg“ erhielt er vom Preußischen Minister für Handel und Gewerbe eine Beihilfe von 200 Talern für eine Reise zur Befahrung von Berg- und Hüttenwerken in den habsburgischen Ländern Salzburg, Tyrol und Venezien. Seine ausgezeichnete Arbeit wurde in der Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Abhandlung XIII (1865) abgedruckt und auf Schnabels Antrag als hüttenmännische Arbeit für das Referendarexamen anerkannt; letzteres legte er im Frühjahr 1867 erfolgreich ab.

Nach kurzen Übergangstätigkeiten in den Bergrevieren Siegen und Saarbrücken ging Schnabel in seiner Referendarzeit für 15 Monate als Lehrer an die Bergschule Siegen, von dort im Mai 1868 an das Oberbergamt Bonn und bestand die Assessorenprüfungen im Sommer und Herbst 1869. Seine Ernennung zum Bergassessor erfolgte am 23.11.1869.

Bedenkt man, daß Schnabel seit April 1860 seine berg- und hüttenmännische Ausbildung zügig absolviert und nur dreieinhalb Jahre studiert hat, so ist die von ihm geforderte Ausbildungszeit von neunzehn Jahren bis zum Eintritt in das Erwerbsleben noch höher gewesen als die durchschnittliche der Studenten in unserer Zeit.

Aus dem Staatsdienst beurlaubt und in privaten Diensten

1870 nahm Schnabel den Posten eines Betriebsführers der Zinkgruben und der Zinkhütte des Märkisch-Westphälischen Bergwerksvereins bei Iserlohn an und ließ sich für ein Jahr aus dem Staatsdienst beurlauben. Im März 1871 wurde seine Beurlaubung vom Oberbergamt Bonn verlängert, da Schnabel im Auftrag der Firma Siemens & Halske nach Russisch-Transkaukasien reiste, wo er die Berg- und Hüttenwerke der Firma im Raum Tiflis, Erivan und Baku modernisieren sollte. Geschäftlicher Hintergrund dieses Auftrages war der Vertrag, den die Firma in den sechziger Jahren mit der russischen Regierung geschlossen hatte, im Süden des Riesenreichs ein ausgedehntes Telegraphennetz zu errichten. Um hierfür Kupfer in hinreichender Qualität zur Verfügung zu haben, hatte die Firma in Kederbeg (Kalabeg) im Gouvernement Jelizavetpol (Gandscha, Kirovabad) eine reiche Kupferlagerstätte erworben und am Ort eine stattliche Kupferhütte mit zahlreichen Nebengebäuden errichtet. Zeitgenössische Photographien, die sich heute im Besitz der Familie de la Sauce befinden, zeigen die in einem breiten Tal gelegenen Anlagen von Kederbeg sowie Schnabel im Kreise seiner leitenden Mitarbeiter, zu denen auch sein Bundesbruder Martin de la Sauce gehörte.

Die Arbeit Schnabels in der Reorganisation der Hütte und seine Einführung eines neuen Verhüttungsverfahrens waren so erfolgreich, daß die Firma Siemens dem gerade Dreißigjährigen die Direktion über ihre Werke im Kaukasus ab dem 1. Mai 1873 übertrug. Schnabel stellte ein Gesuch mit der Bitte um Entlassung aus dem preußischen Staatsdienst, dem der Minister am 22.5.73 zustimmte.

Auch privat fand Schnabel sein Glück in der Ehe mit Dadu, getaufte Dorothea Aslam-Beg Gaffoy, und mit seiner in Kederbeg geborenen Tochter Dadu Anette Elise Schnabel (28.7.1873). Deren Taufe fand am 20.12.73 nach evangelisch-lutherischem Ritus in Tiflis statt. Zu den Taufpaten gehörten zwei Mitglieder der Familie Siemens, nämlich Carl Siemens und die verwitwete Anna Constanze Siemens, geb. Kremer, ferner Schnabels Schwester Elise. Doch bald trafen Schnabel zwei schwere Schläge. Erst starb seine Frau und dann auch seine zweite Tochter, die am 18.11.74 in Kederbeg geborene Hermine Bertha Amalie Hedwig Anastasie Else, die noch in der deutschen Colonie Annenfeld unweit Kederbeg notgetauft werden konnte.

Wieder im preußischen Staatsdienst

Am 6.1.1876 richtete Schnabel ein Gesuch an den preußischen Minister für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten mit der Bitte um Wiederaufnahme in den Staatsdienst, da sein Leben in Transkaukasien durch geistige Öde und ein sehr ungesundes Klima geprägt sei. Nach der ministeriellen Ablehnung wandte sich Schnabel an seine frühere Dienststelle, das Oberbergamt Bonn, und ►

bat um eine Beschäftigung bei der Königlichen Bergwerks-Direction Saarbrücken, bei der er als Referendartätig gewesen war. Am 23.8.76 erfolgte dann doch seine Wiederaufnahme in den preußischen Staatsdienst. Er wurde dem Oberbergamt Clausthal als „Hülfsarbeiter“ zur Anstellung bei den Berg- und Hüttenverwaltungen des Harzes zugewiesen. Sogleich erhielt er für die folgenden drei Monate den Vertretungsauftrag für einen erkrankten Mitarbeiter des Oberbergamts Breslau mit einer Renumeration von 175 Mark. Die Renumeration begründete keinen Pensionsanspruch. Nach Clausthal im November zurückgekehrt, ging er am 1.1.77 als kommissarischer Hütteninspektor zum Hüttenamt in Lautenthal mit 250 Mark Renumeration. Beim preußischen Staat in dieser Weise zu Kreuze kriechen zu müssen, war für Schnabel sehr bitter. Vom höheren Bergbeamtenamt hielt er nicht viel. So findet sich in seinem Erinnerungsbuch der folgende Text:

„Sie wissen doch, daß man die Bergknappen, welche, das Hinterleder umgürtet, in die Grube fahren, Leute vom Leder nennt, ihre Oberen dagegen Leute von der Feder. Ein Bergknappe, dem die Begriffe von Leder und Feder dunkel waren, ging seinen Arbeitskameraden um Auskunft hierüber an. Die Leute vom Leder, sagte dieser, das sind die Praktischen, die verstehen es nicht, können's aber machen; die Leute von der Feder, das sind die Theoretischen, die verstehen's, können's aber nicht machen, und dann sind noch die Praktisch-Theoretischen, die verstehen's nicht, können's auch nicht machen – und dazu gehört unsere hochlöbliche oberste Behörde.“

Mit seinem Chef, dem Direktor der Lautenthaler Silberhütte Bergat Strauch, verstand sich Schnabel gut. Über mehrere Seiten seines Harzbuches hinweg charakterisiert ihn Schnabel als „jovialen alten Herrn aus hannoverscher Zeit mit freundlichen grauen Augen, Adlernase und grauem Vollbart.“

Sich selbst beschreibt er unter dem Pseudonym Karl Jungbold, wie folgt: „Dieser, ein erst vor kurzem in den Harz versetzter Bergassessor aus rheinischem Geblüt mit regelmäßigen Gesichtszügen, dunklem Haar, dunklem Schnurrbart und goldener Brille, wird von dem Direktor mit Handschlag und einem freundlichen Glückauf! Kamerad! begrüßt.“ Die Eigenschaften seines Inspektors „Gutmütigkeit, Heiterkeit und Offenherzigkeit wußte der alte Herr, der selber offen, witzig und, soweit es nichts kostete, auch gefällig und sehr gutmütig war, voll zu würdigen.“

Weiter heißt es da: „Preußische Bergassessoren imponierten dem Direktor, der selbst nur den praktischen Metallhüttenbetrieb des Oberharzes kannte und einst die Clausthaler Bergschule besucht hatte, gewaltig durch ihre vielseitigen Kenntnisse und durch ihre Gewandheit im schriftlichen Vortrage, in bezug auf den praktischen Betrieb aber, – und für sein Urteil war einzig und allein der Betrieb der Lautenthaler Silberhütte maßgebend, – hielt er sie ausnahmslos für Stümper.“

Daher vermied es Carl Schnabel anfangs peinlichst, sich in den Betrieb einzumischen. Er erle-

digte für Strauch sämtlichen Schriftverkehr und die Berichte. Offensichtlich waren sich der Chef und sein Vertreter in ihrer unterschiedlichen persönlichen Wesensart sympathisch, so daß Strauch schon nach wenigen Monaten das Gesuch an das Ministerium richtete, Schnabel als etatmäßigen Hütteninspektor in Lautenthal anzustellen, was zum 1.6.77 geschah, verbunden mit einem Jahresgehalt von 3000 Mark und Pensionsanspruch.

Poetisch verklärt, aber auch mit feiner Ironie beschrieb Schnabel den durch seinen Direktor geprägten Lautenthaler Hüttenbetrieb. Da sagt er: „Geräuschlos flutet grauer Rauch aus dem hohen Schornstein der Hütte und küßt die Tannen an den steilen Berghängen. Die Morgensonne scheint auf Wälder und Matten. Auch auf die bleichen und zitternden Zweige der rauchkranken Tannen sendet sie mitleidvoll ihre erwärmenden Strahlen.“

Strauch geht seine morgendliche Inspektions-tour durch den Betrieb. „In seinem rechten Mundwinkel mündet eine lange Pfeife, die er mit der rechten Hand weit von sich hält. An seiner linken Seite der Obermeister der Hütte. Als Zeichen seiner Würde trägt er ebenfalls eine lange Pfeife, aber kürzer und weniger weit vom Körper weggehalten als die des Chefs. Dann und wann bleibt der Direktor stehen, um mit erhobener Pfeife dem Obermeister einen Befehl zu erteilen.“

In den Hüttengebäuden stehen die Hüttenaufseher pflichtgemäß auf ihren Posten und machen beim Herannahen des Chefs ehrerbietig Front. Sie führen halblange, hart auf dem Körper aufliegende Pfeifen. Die in einiger Entfernung hinter ihnen auftauchenden Vize- und Unteraufseher sind durch kurze Pfeifen charakterisiert.

Diese Rangordnung der Pfeife darf nicht Wunder nehmen, da ja der heilige Florian, der Schutzpatron der Hüttenleute, die längste Pfeife raucht und den meisten Qualm macht. Auch ist sein Tabak der edelste, denn er ist silberhaltig.“

Er charakterisierte auch seinen Chef, der als geborener Clausthaler im Oberharz seine Karriere gemacht hatte, die Jagd, das Kartenspiel und Kegeln sowie einen derben geraden Umgangston liebte. Strauch bezeichnete sich selbst als „rauhfräbig“, indem er für eine ordentliche Portion Sauerkohl, Erbsen und Pökelfleisch oder Bohnen mit Speck oder eine Linsensuppe mit eingekochten Würstchen schwärmte. Vom Alkohol hielt er nichts. Schnabel läßt seinen Inspektor daraufhin sagen: „Humor und Durst und Wissenschaft sind alle drei unsterblich,“ und den Direktor läßt er antworten: „In der Zeitung habe ich geistige Güter genug, Romane und Gedichte natürlich ausgenommen. – Oder meinen Sie vielleicht geistreiche Gesellschaft? Danach sehne ich mich nicht, denn geistreiche Menschen sind immer eingebildet. Wenn ich mit meinen Leuten beim Skat sitze, habe ich Denker-Gesellschaft genug.“

Lebensinhalt Strauchs war die Hütte. „Der junge Assessor dachte anders über die höchsten Wünsche des Lebens als sein Direktor“ heißt es bei Schnabel. „Für ihn hatte das angestrengte mechanische Arbeiten im Interesse des von seinem hohen Chef so gewaltig gepriesenen, bis an des Äthers

bleichste Sterne erhobenen Betriebs keinerlei Reiz. In dieser Hinsicht hielt er sich an das Wort: Wer Arbeit kennt, der drängt sich nicht dazu. Er arbeitete nur soviel als der Dienst erforderte, aber darüber nichts, denn für Überarbeit schien ihm sein schwaches Gehalt wirklich nicht bemessen. Wenn er sich neben dem Dienst eifrig mit Experimenten und Erfindungen befaßte, so folgte er einer angeborenen Neigung, seinen Geist im freien Felde der Wissenschaft zu tummeln.“

Schnabel publizierte seine Erfahrungen und die Ergebnisse seiner Untersuchungen aus dem Kaukasus und der Lautenthaler Hütte in einer beachtlichen Zahl von Aufsätzen in verschiedenen Fachzeitschriften des Berg- und Hüttenwesens. Einen Teil faßte er in seiner Inaugural-Dissertation zusammen, die er 1879 bei der Philosophischen Fakultät der Universität Jena einreichte. Der Titel lautete: „Geschichtliche Darlegung und wissenschaftliche Begründung der metallurgischen Prozesse der Silber-Gewinnung aus silberhaltigem Blei mit Hülfe von Zink unter besonderer Berücksichtigung dieser Prozesse auf den Hüttenwerken des Oberharzes.“ Seine Promotion erfolgte am 1.12.1879.

Daß er der Praxis in der Silberhütte nicht so fern stand, wie er es in seinen Erinnerungen formuliert, beweisen die Zulagen und Gratifikationen, die ihm das Oberbergamt von 1876 bis 1880 jährlich in einer Höhe bis zu 1800 Mark zukommen ließ. Auch für die Einführung des in seiner Dissertation dargestellten Zink-Extraktionsverfahrens erhielt er 1880 eine Gratifikation von 500 Mark. Desweiteren entwickelte er ein Verfahren zur Verarbeitung des Zinkschaumes auf Zinkweiß und Reichblei.

Zu neuen Lebens- und Berufsverhältnissen

Schnabel dachte an Wiederverheiratung und war auf Brautschau. In seinem Buch schildert er ironisch seine Bemühungen um eine Lautenthalerin, die aber in einem derart geistig engen kleinbürgerlichen Elternhaus lebte, daß der flott dahin lebende Assessor von der ganzen Familie eher gefürchtet, denn geachtet wurde.

In Grund verliebte er sich sehr heftig in eine dort zu Besuch weilende Schöne, der er durchaus sympathisch war, so daß er sich Hoffnungen machen konnte. Doch deren Vater, ein handfester Gutsbesitzer, war strikt gegen eine Verbindung seiner Tochter mit einem derart aus dem Zuckerrüben-Metier geschlagenen Mann. Das hat Schnabel lange Zeit nicht verwunden. In seinen Harzer Erinnerungen beschreibt er, wie es ihm mit Hilfe seines „guten leichten Sinnes“ gelang, diesen Liebeskummer zu überwinden.

Eingeladen zur Verabschiedung der Bergreferendare, die soeben das Examen bestanden hatten, befahl ihm auf dem Wege von Lautenthal nach Zellerfeld mehrfach Traurigkeit und die Frage, ob er nicht lieber umkehren solle. Doch dann siegte in ihm der Wunsch nach Geselligkeit und Ablenkung, und er schrieb hierzu:

„Auf der Zellerfelder Höhe angelangt, bliebei ►

stehen. Ein wunderbares Bild bot sich seinen Augen. Vor ihm breiteten sich träumende Tannenwälder, grüne Wiesen und blinkende Teiche aus. Dahinter erhob sich wie eine hohe, dunkelgrüne Mauer der Rücken des Bruchbergs, überragt von dem granitnen Haupte des Harzgebirges, dem Brocken.

Wie Riesen-Grabsteine aus längst verschollenen Zeiten ragten aus der Waldeinsamkeit des Bruchbergs die Steinpyramide der Wolfswarte und der trutzige Fels der Hanskühnenburg heraus.

Drißen auf den grünen Wiesen am Bergabhang zogen sich wie Schnüre von Riesengranaten die Häuserreihen von Clausthal, der Stadt der fröhlichen Bergstudenten, hin. Unter ihm am Hange lag ausgebreitet im Grase die schöne Schwester von Clausthal, die Bergstadt Zellerfeld.

Von dem fernen Brockengipfel ging plötzlich ein Leuchten aus. Die Strahlen der scheidenden Sonne spiegelten sich in den Fenstern des Brockenhauses und tauchten es in Purpurglut.

Das Leuchten erschien ihm als Vorbote einer hoffnungsvollen Zukunft. Zu neuen Ufern lockt ein neuer Tag, dachte er. Als es erloschen war, trat die weite Harzlandschaft in scharfen Umrissen hervor. Nicht einmal der Hüttenrauch der Clausthaler Silberhütte tief unten im Tale und die durch seine Umarmungen in bleiche Gespenster verwandelten Tannen blieben verborgen.

Bald saß er im Deutschen Hause in Zellerfeld im Kreise der Bergstudenten beim Abschieds-Kommerse der neuen Bergreferendare.

Neben all seiner feinsinnigen Poesie bei der Betrachtung von Menschen und der Natur neigte Schnabel zur Ironie, und sein Spott konnte beleidigend werden. So wurde er gemeinsam mit dem Factor Ahrens, Hütteningenieur Bohne und Bergreferendar Kost am 10.1.1881 vom Schöffengericht in Zellerfeld wegen der Beleidigung des biedereren Fuhrunternehmers Dehne, der den spöttischen Reden der Beamten in einem Lautenthaler Restaurant nicht gewachsen war, zu einer Strafe von drei Mark, ersatzweise einem Tag Haft verurteilt.

Mit diesen „drei Kollegen von der schwarzen Farbe“ gehörte er der „erzhumoristischen Gesellschaft vom Grünen Hahn“ an, die ihre Versammlungen im „Deutschen Haus“ bei Carl Frick in Hahnenklee abhielt. Hierzu sagte er: „*Wer Mitglied dieser Gesellschaft zur Pflege des Humors werden wollte, mußte sich nach der Einreichung seines Aufnahme-Gesuchs ein halbes Jahr beobachten lassen. Bei Damen war die Beobachtung ausgeschlossen, weil man davon überzeugt war, daß ihnen die für die Mitgliedschaft des Grünen Hahns erforderlichen Eigenschaften schon als Geschenk in die Wiege gelegt worden waren.*“

Die Mitglieder führten scherzhafte Titel, wie Fürst vom Iberg, Fürst vom Auerhahn, Graf von der Hanskühnenburg, Gräfin Silberblick vom Sonnenberg, Gräfin Morgenschön vom Spiegeltal und andere mehr. Schnabel erhielt den Namen Carl der Einzige, Erzgraf von Lautenthal. Die Fürstentümer und Grafschaften waren so zugeschnitten, daß in jedem mindestens ein Wirtshaus lag.

Dort hatte der Potentat mindestens einmal im Jahr einen Hoftag abzuhalten.

Doch angesichts der höchst eingeschränkten Verkehrsverhältnisse im Oberharz gingen die „hohen Herrschaften“ meist zu Fuß nach Hahnenklee. Schnabel hat eine solche Wanderung von Lautenthal nach Hahnenklee in Poesie gefaßt. „*Der Frost hatte das grün-weiße Gewand der Tannen mit Edelsteinen durchwirkt. In weißen Handschuhen standen sie da, ein Diadem von Eiskristallen auf dem Haupte und grüßten feierlich den Wanderer.*“

Im Schnee hatte man nasse Füße bekommen. Mit dem ersten steifen Grog trank man den einen, mit dem zweiten den anderen Strumpf trocken, bevor man sich anderen Getränken und angeregter Unterhaltung zuwandte.

Am 6.4.82 richtete Schnabel ein Gesuch mit der Bitte an den Minister, ihm einen leitenden Posten in der Berg-, Hütten- oder Salinenverwaltung zuzuweisen, verbunden mit dem Hinweis, daß seine Arbeiten zur Unschädlichmachung des Hüttenrauchs auf der Silberhütte abgeschlossen seien.

Unter Berücksichtigung seiner fachlichen Leistungen wurde Schnabel zum 1.7.82 als Nachfolger des Bergrats Württemberger mit der Leitung des Bergreviers Goslar betraut und zum Bergmeister ernannt.

Nur zwei Monate später kam Schnabel beim Oberbergamt Clausthal mit der Bitte um „Erteilung des Consenses zur Verheiratung“ ein, denn die Zustimmung der Obrigkeit zur Verheiratung mußte damals von höheren Beamten und den Offizieren dem Standesbeamten vorgelegt werden. Die Eheschließung mit Fräulein Marie Laura Therese Baehr, geboren am 21.12.1858 in Köslin, Hinterpommern, Tochter des verstorbenen Postmeisters in Belgard, erfolgte am 19.9.1882 auf dem Standesamt Belgard.

Akademischer Lehrer an der Bergakademie Clausthal und Experte

Aufgrund seines ausgezeichneten wissenschaftlichen Rufs wurde Schnabel zum Sommersemester 1885 als Dozent für Metallhüttenkunde und Chemische Technologie auf die im Haushaltsjahr 1885/86 neugeschaffene zweite Dozentur im Hüttenfach an die Königliche Bergakademie Clausthal berufen. Diese Berufung kam ihm außerordentlich gelegen, da er sich nun ganz der Wissenschaft widmen konnte und die ihm lästige Verwaltungstätigkeit wegfiel. Sein Titel lautete Bergat. Sein Jahresgehalt von 3600 Mark mit einem Wohngeldzuschuß von 420 Mark war nicht üppig, und er beklagte sich in Petitionen an den Minister immer wieder über seine schlechte Bezahlung. Andererseits war er ein gesuchter Gutachter und konnte seine Bezüge auf diese Weise erheblich aufstocken. Schon im Herbst 1883 hatte er Urlaub zu einer Reise nach Cartagena und America erhalten, um dort für die Metallgesellschaft und die DEGUSSA Blei- und Silberbetriebe zu begutachten.

Viele Kontakte gewann er durch sogenannte Instruktionsreisen während der vorlesungsfreien

Zeit. Schon nach einem Jahr Lehrtätigkeit gewährte ihm das Ministerium „Urlaub ohne Gehaltsabzug“ für eine solche Reise zu belgischen, französischen und nordspanischen Hütten. Auch zum Besuch von internationalen Industrieausstellungen erhielt er Urlaub, so 1888 zur Hüttenausstellung in London und zur Weltausstellung in Brüssel. Letzterer schloß sich eine Rheumakur in Aachen an.

Da sich mit der rasanten Industrialisierung Europas das Hüttenwesen enorm schnell fortentwickelte, schrieb Schnabel ein umfangreiches Lehrbuch der Allgemeinen Hüttenkunde und brachte es 1890 heraus. 1896 folgte eine zweibändige Metallhüttenkunde, über die sein Amtsnachfolger Rudolf Hoffmann urteilte: „Während nun das europäische Metallhüttenwesen in jener Zeit in seiner Entwicklung zu einem gewissen Stillstande gelangt war, gingen die neuesten Fortschritte jener Zeit in diesem Zweige der Technik fast ausschließlich von Amerika und Australien aus. Die Metallhüttenkunde Schnabel's brachte nun Material aus dem amerikanischen Hüttenwesen, das er nicht bloß der fremdsprachlichen Literatur entnommen hatte, sondern das er auch aus eigener Orientierung geschöpft hatte, und Angaben über Einrichtungen und Verfahren des Auslands in der erforderlichen Vollständigkeit. Die reichen praktischen Erfahrungen und die Ergebnisse seiner Studienreisen sowie seine hohe geistige Begabung und reichen Kenntnisse haben Schnabel befähigt, in seinem Werke eine vorzügliche Kritik über die Anwendungsgebiete und Anwendungsmöglichkeiten der einzelnen im Metallhüttenwesen in Betracht kommenden Apparate, Verfahren usw. zu geben, wie man sie wohl kaum in einem anderen Fachwerke findet.“ Zehn Jahre später wurden Schnabel's beide Werke mit einem Gesamtumfang von etwa 2500 Seiten neu aufgelegt.

Grundlage dieser Kenntnisse Schnabel's war seine Reise in den Jahren 1891/92 auf Einladung der „Broken Hill Proprietary Company“ nach Südastralien, wo er bei der Verhüttung der dortigen komplexen polymetallischen Erze beratend tätig wurde. Dem Aufenthalt in Broken Hill schloß sich eine Studienreise zu Bergwerken und Metallhütten in mehreren Staaten Australiens und in zehn Staaten der USA an. Begleitet wurde diese zehnmonatige Reise Schnabels auf Anweisung Bismarcks von den deutschen diplomatischen Vertretungen in Sydney und Washington und einer Reihe von Konsulaten.

Ende Juli 1892 wurde Schnabel, wie alle etatmäßigen Dozenten der preußischen Technischen Hochschulen und Bergakademien zum Professor im Range eines Rates 4. Klasse ernannt. 1894 teilte ihm das Ministerium die Ernennung zum Oberbergat mit.

Drei Jahre später erreichte ihn der ehrenvolle Ruf der Bergakademie Berlin, die Nachfolge Bruno Kerls anzutreten, doch Schnabel lehnte ab. In der Zeitschrift für Elektrochemie, die von Nernst und Borchers herausgegeben wurde, war zu lesen: „Der Bergakademie Clausthal aber wünschen wir von Herzen Glück dazu, daß die Gefahr des ►

Verlustes eines solchen Mannes an ihr vorübergegangen ist. Neidlos wird jeder Fachgenosse anerkennen, daß sie unter allen an den Hochschulen Deutschlands (und wohl noch weiterer Kreise) wirkenden Lehrern für Metallhüttenkunde die erste Kraft besitzt.“

„Guter leichter Sinn“ und schmerzvolles Dasein

In seinem Buch „Unter grünen Tannen des Oberharzes“ schilderte Schnabel, wie er nach herben Enttäuschungen und Trübseligkeit immer wieder die Oberhand gewann und in die Kreise fröhlicher Geselligkeit zurückkehrte, dies „mit Hilfe des ihm angeborenen guten leichten Sinnes im Verein mit Poesie, Liebe, Freundschaft, Geselligkeit und edlen Getränken, welche letzteren als Stimmungsregulatoren dienten.“ Doch sein guter leichter Sinn wurde in den neunziger Jahren zunehmend strapaziert. Nur drei Monate nach seiner Rückkehr aus den USA bat er um einen Urlaub, da er seine lebensgefährlich erkrankte Frau nach Berlin zu ärztlichen Untersuchungen begleiten wollte. Doch sie war nicht mehr zu retten und starb im Alter von 34 Jahren am 22.3.1893.

Von diesem Schlag erholte sich sein leichter guter Sinn nicht mehr. Hinzu kamen immer häufiger auftretende rheumatische Gelenkentzündungen, die Schnabel für viele Wochen auf seine Wohnung und sein Bett beschränkten. In seinem Harz-Buch hat er sich erinnert: „Er litt in jedem Jahre eine Zeitlang an Gelenk-Rheumatismus und hielt während dieser Krankheit die Vorlesungen im Bette liegend in seiner Wohnung ab. Um den fleißigen Studenten den richtigen Weg zu zeigen, war an der Türe des Krankenzimmers ein Schild mit der Aufschrift „Lazarett und Auditorium“ befestigt.

Während des Vortrages machte ein weißer Kater, Minz genannt, die Honneurs des Hauses, indem er auf den Schultern der um das Bett herum-sitzenden Studierenden spazieren ging und an etwa vorhandenen frischen Kopfschmissen seine Zunge wetzte.

Am Geburtstage des Professors hatten die studierenden Bergbaubeflissenen das Bett des Kranken in ein blumenbesätes Beet verwandelt. Sie hatten so viele Sträuße auf dem Bette niedergelegt, daß nur der Kopf des Kranken und der Kopf des Katers Minz hervorguckten. Es war eine rührende Szene; draußen spielte die Bergmusik, dem Kranken traten Tränen in die Augen, und der Kater Minz dankte durch ein vernünftiges Schnurren für die ihm erwiesene Liebe und Ehre.“

Wenn es ihm aber ganz schlecht ging, mußten Professor Biewend und Dr. Bodländer seine Vorlesungen übernehmen. Den Haushalt besorgte ihm nun seine Tochter Dadu.

War Schnabel schon früher einem guten Tropfen nicht abgeneigt, so waren seine letzten Clausthaler Jahre durch häufige Gelage mit Bergreferendaren und Studenten geprägt. Auf seine jungen Trinkgenossen hat er später in Berlin viele Strophen geschrieben, die seine Sehnsucht nach Jugend und Gesundheit widerspiegeln.

Durch seine Gutachtertätigkeit hatte Schnabel viel Geld verdient, das er großzügig ausgab. Am Semesterende lud er alle seine Hörer ein. Man traf sich nach der letzten Vorlesung nachmittags vor seiner Wohnung und wanderte nach Voigts-Lust, wo Schnabel die gesamte Corona bei Essen und Trinken freihielt. Aber auch während des Semesters liebte er es, in der Gesellschaft der jungen Leute seinen Kummer zu ersäufen. Hierzu hat er ein ziemlich langes Blumenlied gedichtet, wobei es sich selbstverständlich um die Blumen auf den gefüllten Biergläsern handelt. Angetrunkene Studenten stützten ihren Professor oftmals auf dem Heimweg, was seinen Kollegen und der Beamten-schaft des Oberbergamts durchaus peinlich war. Eines Tages denunzierte der Hausmeister der Bergakademie einen solchen Vorgang, bei dem zwei Studenten den trunkenen Schnabel sogar in die Toilettenanlage hinein gestützt hatten. Dem Akademiedirektor Professor Köhler blieb nun keine Wahl. Er mußte eine Untersuchung mit schriftlicher Protokollierung einleiten, worüber sich Schnabel maßlos aufregte und Köhler in der „Krone“ beleidigend herabsetzte. Jetzt ging die Untersuchung der Vorgänge an das Oberbergamt über und anschließend die Akte an das Ministerium. Schnabel wurde verwahrt und mit einer Disziplinarstrafe von einhundert Mark belegt.

Obwohl Schnabel seit Jahren in der vorlesungs-freien Zeit bei Kuraufenthalten im Süden, in Italien, Südtirol, Bayern und in der Schweiz, Linderung seines Leidens suchte, trat eine zunehmende Verschlechterung ein. Am 5.4.1900 reichte er unter Beifügung eines ärztlichen Attests ein Gesuch um vorzeitige Versetzung in den Ruhestand ein. Akademiedirektor Köhler unterstützte das Gesuch Schnabels „wegen dessen bedenklichen Gesundheitszustands und der immer wieder notwendigen Vertretungsregelungen, die sein langjähriges chronisches Gelenkrheuma erforderte.“ Zum Zeitpunkt seines Gesuchs lag Schnabel bereits 13 Wochen im Bett, ohne eine Aussicht auf baldige Besserung.

Der Minister stimmte unverzüglich der Pensionierung Schnabels zum 1.9.1900 zu. Einen Monat später verlegte der zu dieser Zeit sicherlich originellste Kopf in Clausthal seinen Wohnsitz nach Berlin, Pariser Straße 1. Hier schrieb er sein Erinnerungsbuch an den Harz.

Schnabel war in Berlin als nichtständiges Mitglied des Kaiserlichen Patentamts tätig, doch trat zu seinem Gelenkrheuma noch ein schweres Herzleiden hinzu, was ihm die Tätigkeit verleidete. Er verstarb 71jährig wenige Monate nach dem Ausbruch des 1. Weltkriegs am 23.11.1914.

Im Gedenken an seinen Tod setzte Schnabel bereits im Jahre 1907 an das Ende seines Erinnerungsbuchs die Verse:

*Und geht sein Leben einst zu Ende,
Nach Zeiten und nach Freuden und
nach Leiden mancher Art,
So drückt den Freunden er die Hände:
Muß scheiden, sollt geleiten mich zur letzten
Grubenfahrt.*

*Wohl unter einen Tannenbaum
Tragt mich ins Grab am Waldessaum!
Ein Schlängel setzt und Eisen drauf
Und ruft: „Glück auf!“*

EPILOG

Im Einvernehmen zwischen der Bergakademie Clausthal und dem Verein von Freunden der Bergakademie wurde im Jahre 1938 die Karl-Schnabel-Gedenkmedaille gestiftet und eine Gedenktafel am Hause Rollstraße Nr. 31, in dem Schnabel gewohnt hat, angebracht. Die Gedenkmedaille wird durch Beschluß des Senats an solche Personen verliehen, die, außerhalb der Hochschule stehend, sich um die Förderung des kulturellen Lebens in der Hochschule und die Betreuung von Studierenden sehr verdient gemacht haben.

QUELLEN

Schnabel, C.:
Unter grünen Tannen des Oberharzes.
Georg Nauck Verlag. 311 S. Berlin 1907.

Schnabel, C.:
Personalakten V. S 77. I, II und III.
Niedersächsisches Staatsarchiv Pattensen.

Hoffmann, R.:
Nachruf auf Carl Schnabel.
Chemiker-Zeitung 9, 53-54 (1915).

Osann, B.:
Nachruf auf Carl Schnabel.
Stahl und Eisen. Jhrg. 1914, II.

Grothe, H.:
Lebensbild Carl Schnabels.
Nachrichten BA Clausthal. 3, 29-32 (1938).

Redaktionelles. Z. Elektrochemie.
Jhrg. 1897/98, S.267.

Ertle, H.J.:
Karl Schnabel modernisierte und leitete 1871 bis 1876 Kupferbergwerk und Metallhütte Kedabeg in Aserbeidschan.
BuH-Verein Mitteilungsblatt 1989, S.46-49.

Professor em. Dr. rer. nat. Dr.h.c. Georg Müller
Technische Universität Clausthal
Adolph-Roemer-Straße 2 A
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: 05323/72-2253
Fax: 05323/72-3667

Einsatz von Virtual Reality-Systemen in der Fabrik- und Anlagenplanung

Von Uwe Bracht und Martin Fahlbusch

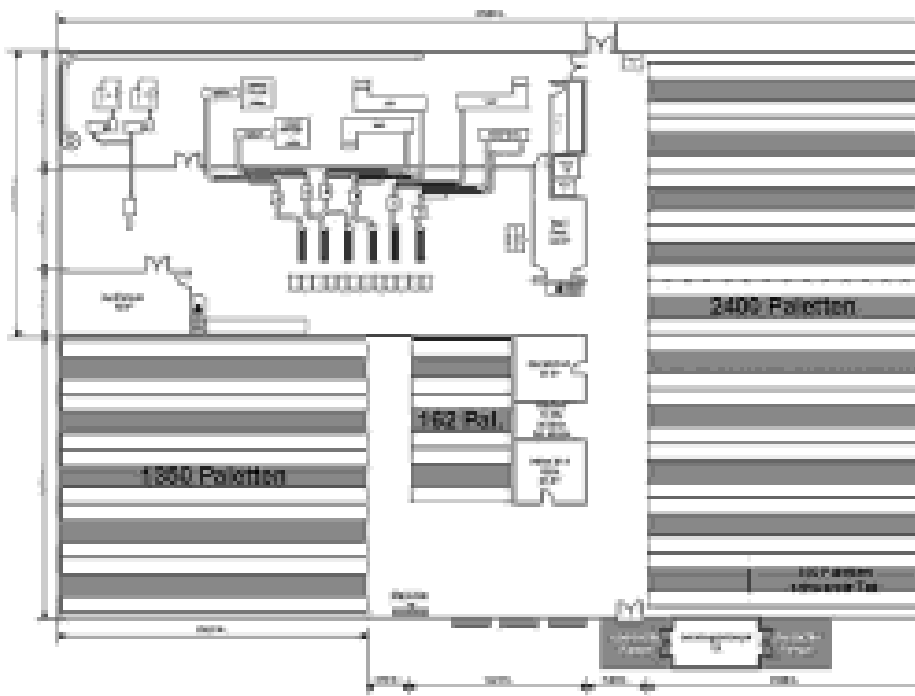


Bild 1: 2D-Hallenlayout für einen Lebensmittel verarbeitenden Betrieb

Anforderungen an die Planung von Fabrik- und Logistikstrukturen

Nach den klassischen Ansätzen ist die Planung von Fabriken mit ihren Produktions- und Logistiksystemen geprägt von funktionsorientiertem, tayloristischem Denken. Das weltweite Umfeld für produzierende Unternehmen hat sich jedoch grundlegend gewandelt. Ursachen des enormen Anpassungs- und Veränderungsdruckes sind im wesentlichen folgende Entwicklungen:

- Globalisierung der Absatzmärkte und Produktionsstandorte
- Wandlung vom Verkäufer- zum Käufermarkt
- verkürzte Produktlaufzeiten und häufigere Modellwechsel
- gestiegene Variantenvielfalt.

Zur Bewältigung der Herausforderungen werden verschiedene Strategien propagiert:

- die „fraktale Fabrik“
- Fertigungssegmentierung
- Einführung von Gruppenarbeit
- Bildung von Prozeßketten
- Reduzierung von Fertigungstiefe und Komplexität
- Minimierung des logistischen Aufwandes
- Kundenorientierung
- Mitarbeiterorientierung.

Diese Strategien wirken auf alle Objektbereiche der Fabrikplanung, das heißt, sie führen zu modifizierten oder neuartigen Gestaltungs- und Organisationslösungen der Produktionskonzepte [BRA99]. Ziel innovativer marktflexibler Produktionskonzepte ist der Aufbau durchgängiger, dezentral strukturierter, autonom agierender und kooperativ vernetzter, flexibler Produktionssysteme bei ausgeprägter Markt- bzw. Kundenorientierung. ►

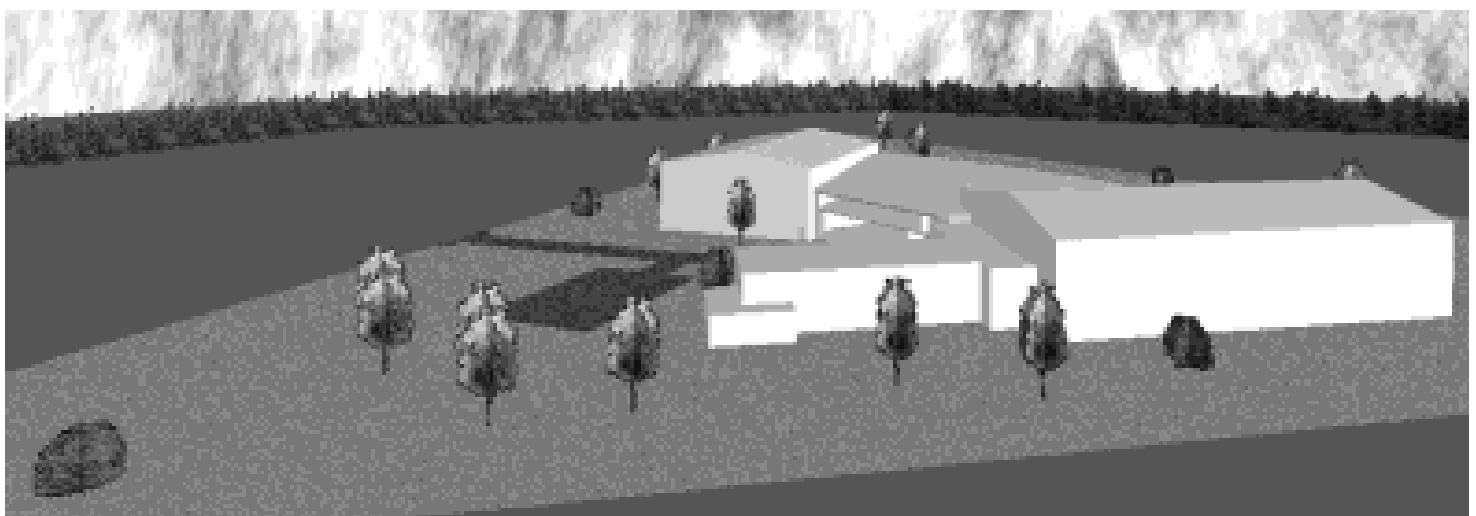


Bild 2: VR-Modell einer Generalbebauungsplanung

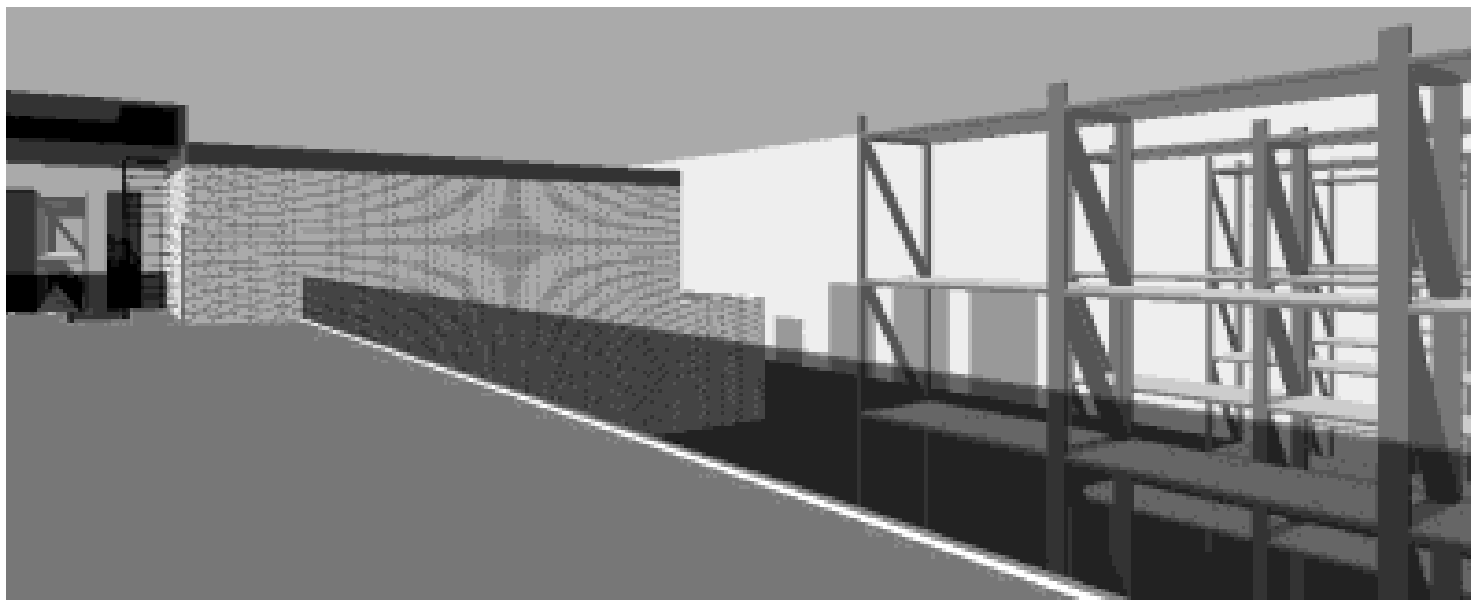


Bild 3: VR-Planung für die Halleneinrichtung

Daraus ergeben sich gerade für die Fabrikplanung neue Notwendigkeiten, die Veränderungen in den Planungsabläufen sowie neuartige Werkzeuge erforderlich machen.

Instrumente für die Fabrikplanung

Im Laufe der Zeit haben sich die Werkzeuge des Planers und Konstrukteurs stetig weiterentwickelt. Funktionalität und Benutzerfreundlichkeit wurden erweitert und die Reproduzierbarkeit und leichte Veränderbarkeit verbessert. Die nachfolgend beschriebenen Planungswerkzeuge wurden bei Projekten am Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit (IMAB) eingesetzt.

CAD-SYSTEME

CAD-Programme, die rein zweidimensionale Zeichnungen ermöglichen, sind inzwischen vom Markt nahezu verschwunden bzw. stellen Versionen mit reduzierten Funktionalitäten von 3D-CAD-Systemen dar (z.B. AutoCAD LT). Die Idee des computerunterstützten Zeichnens ist die logische Weiterentwicklung des technischen Zeichnens, umgewandelt auf ein neues Darstellungsmedium (d.h. Computer) und erweitert um Funktionalitäten, die eine einfache Anpassung der Zeichnung bei Änderungen oder Korrekturen ermöglichen.

Der Zeichenprozeß selbst stellt jedoch gegenüber dem technischen Zeichnen von Hand einige grundlegend andere Anforderungen an den Planer oder Kon-

strukteur. Das Zeichnen erfolgt über geeignete Interaktionsgeräte wie Maus, Grafiktablett oder Tastatur. Dadurch geht jedoch ein Großteil der Intuitivität und damit der Kreativität des Zeichnens verloren, was durch entsprechende Vorarbeiten (Skizzen!) kompensiert werden muß.

Hier bieten die neuen Techniken der Virtuellen Realität ein erhebliches Verbesserungspotential, weil die Intuitivität und Kreativität durch neuartige Interaktionstechniken wieder gefördert werden.

Das reine 2D-CAD hat zudem den gravierenden Nachteil des fehlenden räumlichen Eindrucks (**Bild 1**). Um diesen Nachteil zu beheben, sind inzwischen nahezu alle CAD-Pakete um die Komponente der dritten, der räumlichen Dimension erweitert worden.

Für den Bereich der Fabrikplanung sei allerdings noch bemerkt, daß bisher nur in sehr wenigen Unternehmen Planungen mittels 3D-CAD vorgenommen werden. Der Grund hierfür ist darin zu sehen, daß die Integration aller notwendigen Zeichnungsinformationen z.B. über Gebäudestruktur, Fördertechnik, Maschinen, Ver- und Entsorgungstechnik etc. den Aufwand für die 3D-Zeichnung extrem ansteigen lassen. Statt der dreidimensionalen Zeichnung wird oft auf ein zweidimensionales Schichtenmodell zurückgegriffen, das mit relativ wenig Aufwand erstellt werden kann und das mit dem Ein- und Ausblenden von Layern eine einfache Struktur behält [BRA90].

3D-MODELER

Um das Manko der komplizierten Bedienung von 3D-CAD-Systemen zu mindern und dem Anwender das leichte Darstellen von komplexen dreidimensionalen Gebilden zu erleichtern, wurden Programmsysteme entwickelt, die eine baukastenähnliche Ansammlung dreidimensionaler Grundstrukturen enthalten, die auf einfache Weise in Zeichnungen eingefügt werden können (**Bild 2**). ▶

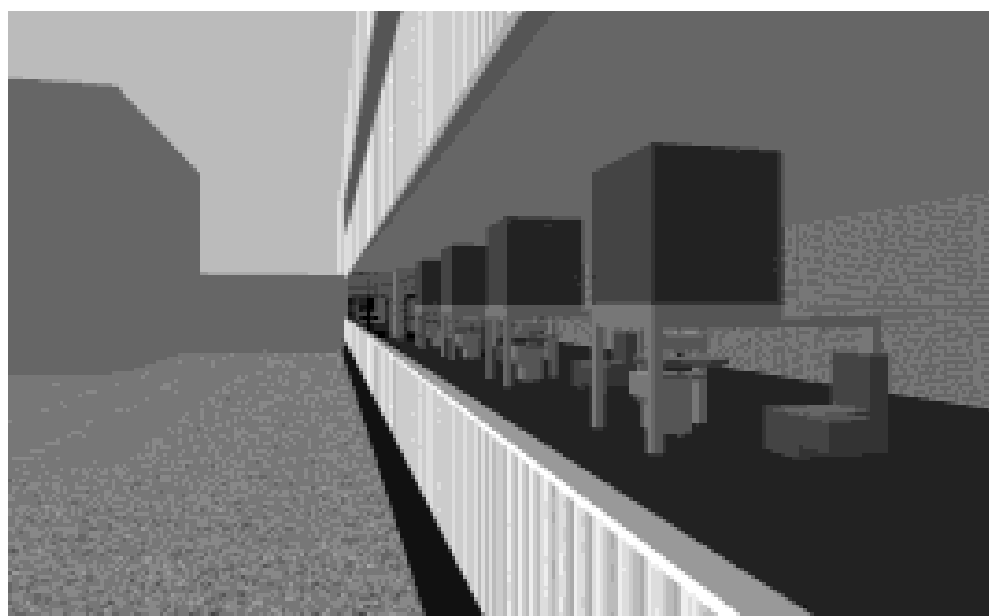


Bild 4: VR-Modell des Produktionsbereiches

Zu nennen sind hier Programme wie SOLID WORKS oder 3D STUDIO MAX. Die Funktionalität ist im wesentlichen vergleichbar mit der von zweidimensionalen Zeichenprogrammen. Auch hier kann vom einfachen dreidimensionalen Objekt bis zur perfekten, photorealistisch gerenderten Darstellung nahezu jede Zwischenstufe erreicht werden (**Bild 3, Bild 4**). Für den Einsatz bei Anwendern, die nicht permanent dreidimensional konstruieren wollen, erscheinen diese Programmpakete als einfach zu handhabende Alternativen zum 3D-CAD.

SIMULATION VON PRODUKTIONS-, MATERIALFLUß- UND LOGISTIKSYSTEMEN

Die Simulation unterstützt die geforderte permanente Planungsbereitschaft durch technische Hilfsmittel. Nach Prognosen wird der Anteil, den die Simulation an den planerischen Aktivitäten hat, in Zukunft stark ansteigen; die Anwendungsfelder der Simulation sind vielschichtig und reichen von der groben Konzeptplanung über Untersuchungen zur Arbeitsorganisation bis zu strategischen Aufgabenstellungen.

Am IMAB wird Simulation in den Bereichen Lehre und Forschung sowie im Rahmen von Industrieprojekten intensiv eingesetzt [FAH00/2].

Das VR-Labor am IMAB

Am Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit wurde ein VR-Labor installiert, das den fortgeschrittenen Entwicklungen Rechnung trägt. Das Labor befindet sich derzeit im produktiven Probetrieb und soll ab dem nächsten Semester unter anderem auch von Studierenden im Rahmen des Fachpraktikums „Fabrik- und Anlagenplanung“ eingesetzt werden [FAH00/1].

Im einzelnen besteht das Labor aus einer Reihe von hochmodernen VR- und Visualisierungswerkzeugen, die nachstehend kurz beschrieben werden sollen. Ziel der neuen Hard- und Softwarekomponenten ist es, die bislang nur mit einem physischen Modell erreichte plastische Begreifbarkeit mit Hilfe der Virtuellen Realität durch digitale Modelle zu ersetzen.

Dazu soll insbesondere auf verschiedene stereoskopische Sichtgeräte zurückgegriffen werden. Jedes Gerät für sich bietet einen gewissen Grad an Immersion. Der Begriff Immersion beschreibt den Effekt des scheinbaren Eintauchens in die virtuelle Welt. Die Variation der Geräte soll die Frage beantworten, wann wieviel Immersion notwendig ist und welche Geräte dafür geeignet sind.

STEREOMONITOR

Die preisgünstigste und einfachste Methode, einem Betrachter stereoskopische Darstellungen zu visualisieren, bietet der Stereo-Monitor. Dabei kann jeder normale Monitor von einer Workstation oder einem Personal-Computer genutzt

werden. Das Wirkprinzip hierbei ist die Aktiv-Stereoprojektion, die in Verbindung mit einer Shutter-Brille erreicht wird. Der Nutzer trägt hierbei die Shutter-Brille, deren Synchronisation mit dem Monitor über einen Emitter übertragen wird. Als Nachteil des Stereomonitors muß der Anwender eine unvollständige Immersion in Kauf nehmen, die durch den stark eingeschränkten Blickwinkel entsteht.

GROßPROJEKTION

Eine der am häufigsten gewählten Ausgabemedien für Virtual Reality ist die Projektion der Visualisierungsdaten auf große Projektionsflächen. Klassisches Beispiel hierfür ist die von Carolina Cruz-Neira am Electronic Visualization Lab der Universität von Illinois in Chicago entwickelte und 1993 vorgestellte CAVE.

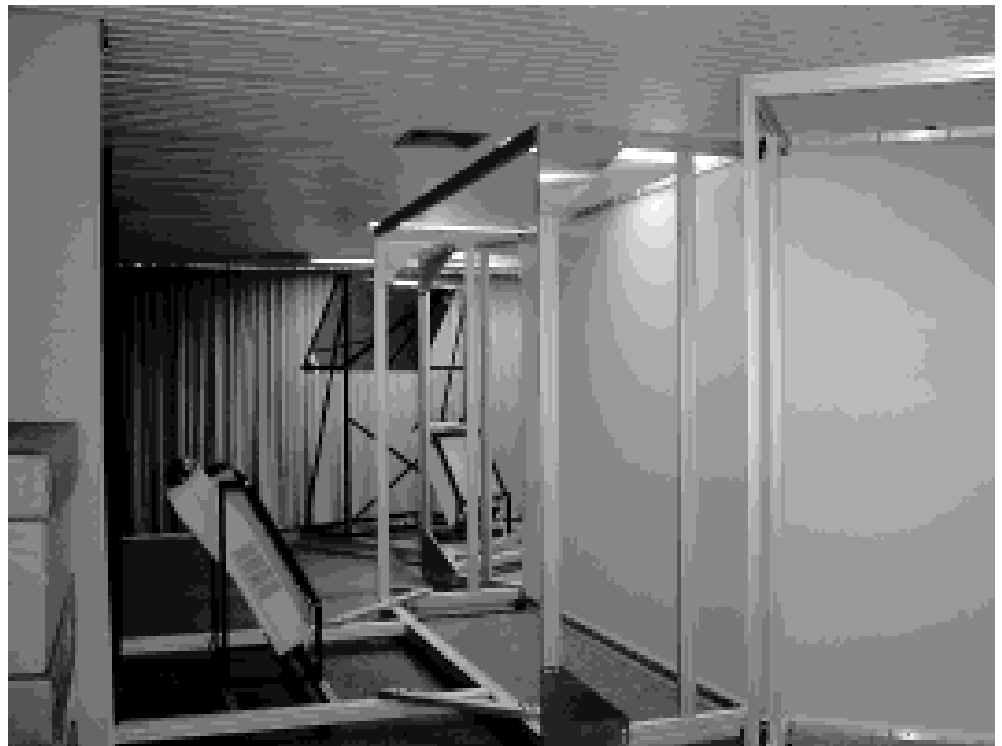


Bild 5: Großprojektion am IMAB

HEAD MOUNTED DISPLAY

Das Head Mounted Display besteht praktisch aus zwei Miniaturmonitoren, die für jedes Auge ein einzelnes Bild erzeugen und die an einer helmförmigen Haltevorrichtung befestigt sind, die der Anwender auf den Kopf setzt. Die Monitore (Displays) sind dabei so angeordnet, daß das Auge des Betrachters problemlos auf das Bild fokussieren kann und daß mit einem meist ausreichenden Blickwinkel das Gesichtsfeld fast vollständig überstrichen wird. Das am IMAB verwendete Gerät stellt eine Auflösung von 1024 x 768 Pixel je Auge zur Verfügung. Die Abkapselung von Fremdlicht kann stufenlos eingestellt werden, so daß eine Interaktion mit realen Gegenständen – falls erforderlich – möglich bleibt.

Nach den bisherigen Erfahrungen kann festgestellt werden, daß der Immersionseffekt von allen Ausgabemedien am perfekten ist, ein dauerhaftes Arbeiten mit dem Head Mounted Display aber problematisch sein kann, da der Nutzer durch Form und Gewicht des HMD in seiner Bewegungsfreiheit eingeschränkt ist.

Inzwischen gibt es weltweit eine Reihe erfahrener Anbieter, die sich mit Entwurf, Aufbau und Inbetriebnahme von Großbildprojektionen befassen.

Die Einrichtungen reichen von einfachen ebenen Großbildprojektionen (Bsp. Powerwall®) über gekrümmte Projektionsflächen mit einem Bildwinkel von bis zu 180° und zwei- oder dreiseitige Systeme (C2/C3) bis hin zu vollständig abgeschlossenen Projektionsräumen mit sechs Flächen (C6) [POS99]. Eine Neuentwicklung sind modifizierbare Systeme, bei denen der Anwender durch Umbau der Projektionsflächen zwischen der ebenen und der räumlichen Form wählen kann. Ein solches System ist als Eigenkonstruktion am Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit der TU Clausthal entwickelt und in Betrieb genommen worden (**Bild 5**).

Die Ansteuerung der Großprojektion erfolgt über vernetzte PC. Die Datenhaltung findet auf einem Arbeitsgruppenserver statt, die Projektoren werden über je einen eigenen Rechner versorgt, der ausschließlich die Ansicht in der Projektionsrichtung berechnet. ►

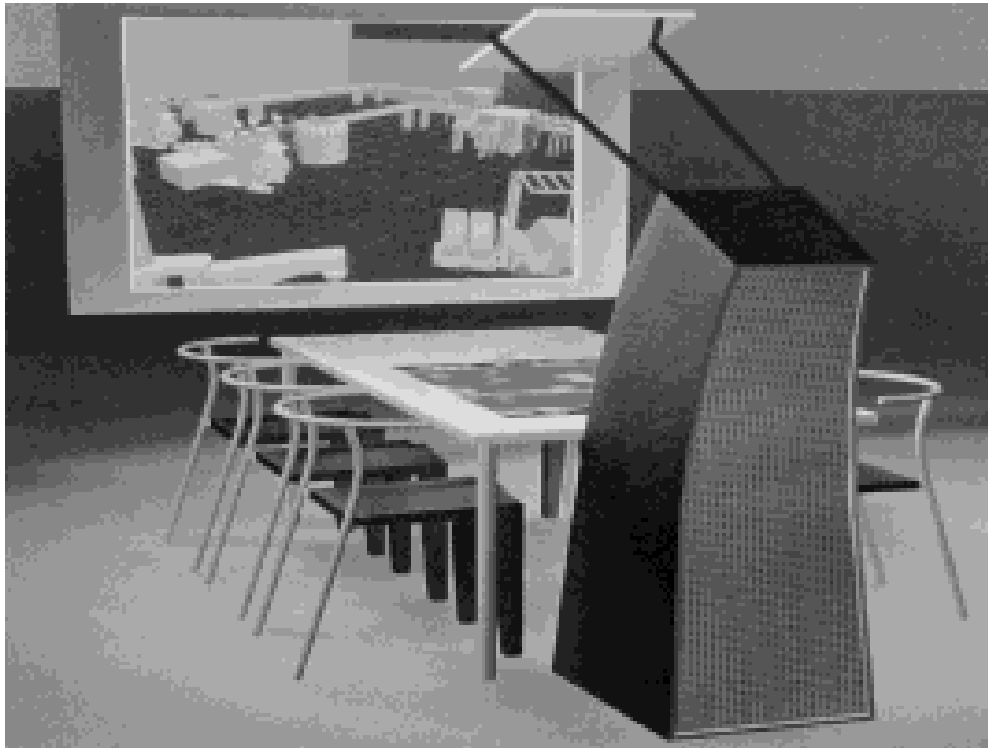


Bild 6: Der Build-It® Planungstisch

BUILD-IT®-PLANUNGSTISCH

Der Build-It Planungstisch ist eine Entwicklung der ETH Zürich und stellt ein intuitiv bedienbares Fabrikplanungssystem dar, das eine partizipative, gemeinschaftliche Fabrikplanung fördert [FJE98].

Die Beteiligten sitzen gemeinsam an einem Konferenztisch, auf dessen Oberfläche ein Grundriß der aufzubauenden oder einzurichtenden Fabrik projiziert wird. Zusätzlich wird eine benutzerdefinierte Ansicht auf eine Leinwand an der Stirnseite des Tisches projiziert. Die Planer erhalten so gleichzeitig eine räumliche Ansicht dessen, was sie flächig planen (Bild 6).

Die Interaktion mit dem digitalen Modell erfolgt mit Hilfe sogenannter „bricks“, kleiner würfelförmiger Bausteine, mit denen – ähnlich einem Grafiktablett – verschiedene Planungsobjekte platziert werden können. Durch eine spezielle Bilderkennungssoftware wird das Layout auf dem Tisch abgetastet und die Position und Orientierung der bricks erfaßt.

Das Build-It-Planungssystem stellt primär keine stereoskopischen Grafikdaten zur Verfügung. Die erstellten 3D-Modelle lassen sich jedoch auf dem Umweg über ein 3D-CAD-System in eine geeignete VR-Software einlesen, so daß die gemeinsam im Team aufgebauten Fabrikmodelle auch in der Großprojektion betrachtet werden können.

Nutzenpotentiale

Der Einsatz von modernen Werkzeugen wie Simulation und Virtual Reality bei der Planung von

Fabrik- und Logistiksystemen eröffnet dem Anwender eine Reihe von Nutzenpotentialen. Diese werden am IMAB im Rahmen von Forschungs- und Industrieprojekten jetzt intensiv untersucht und bewertet. Aus ersten Projekten lassen sich bereits folgende Aussagen ableiten.

Durch die Bereitstellung von rechnergestützten Funktionalitäten wie z.B. Datenbanken mit Fabrikmodellen und Anlagendaten kann der Planer sehr schnell auf verschiedenste Planungsstände zurückgreifen und diese gegebenenfalls weiterentwickeln oder modifizieren. Die damit erheblich gesteigerte Planungsgeschwindigkeit kommt der Verkürzung von Produktionszyklen entgegen und ermöglicht die schnelle Anpassung von Produktionsstrukturen an neue Produkte oder Varianten.

Die realitätsnahe Visualisierung von Fabriken und Anlagen erhöht zudem die Planungssicherheit. Komplexe Systeme lassen sich räumlich perfekt darstellen, und der Planer erhält einen förmlich begreifbaren Eindruck seiner Ideen. Kollisionen von Anlagen mit Gebäudeteilen oder untereinander können im Vorfeld detektiert werden. Durch rechtzeitige geeignete Visualisierung der neuen Fertigungsstrukturen werden Fehlplanungen vermieden und optimale Abläufe sichergestellt.

Die Anzahl aufwendiger Prototypen und Modelle, die extrem teuer sind, wird reduziert, ohne daß auf anschauliche Darstellungen verzichtet werden muß.

Die Verknüpfung moderner Simulationssysteme mit Virtual Reality wird derzeit von namhaften Anbietern in Angriff genommen und ist auch am IMAB vorgesehen. Dadurch können kom-

plexe Abläufe in den exakten räumlichen Kontext gebracht werden und auf Schwachstellen und Verbesserungsmöglichkeiten hin untersucht werden.

Letztlich bietet auch die partizipative Planung, sei es mit dem Fabrikplanungstisch oder in der Großbildprojektion, die Chance, alle Beteiligten vom Planer über den Betreiber bis zum Anlagenbediener gemeinsam an der Gestaltung fortschrittlicher Fabrikstrukturen teilhaben zu lassen. Die vorgestellten Systeme erlauben einen intuitiven Umgang mit den Planungsgegenständen, ohne eine Kenntnis der Planungswerkzeuge vorauszusetzen.

LITERATUR

[BRA90]

Bracht, Uwe: *Fabrikplanung am Bildschirm; Automobil-Produktion*, Mai 1990; Verlag Moderne Industrie, Landsberg; S. 45 – 51.

[BRA99]

Bracht, Uwe; Hans Janisch: *Literaturübersicht Fabrikplanung 98*; Vincentz-Verlag, Hannover, 1999.

[FAH00/1]

Fahlbusch, Martin: *Einsatz von Simulation und Virtual Reality als Lehrunterstützung in der Fabrikplanung*; *Proceedings der Tagung „Simulation und Visualisierung 2000“ in Magdeburg am 23./24.05.2000*; Society for Computer Simulation International, Delft, Erlangen, 2000.

[FAH00/2]

Fahlbusch, Martin: *Modellierung und Simulation der Produktion von Edelsportwagen; Brücken in die Zukunft – Forschung an der TU Clausthal*; im Eigenverlag der TU Clausthal; 2000.

[FJE98]

Fjeld, Morton; Federico Jourdan; Martin Bichsel; Matthias Rauterberg: *Build-It: An intuitive simulation tool for multi-expert layout processes*; *Tagungsband 12. Symposium Simulationstechnik, Zürich, September 1998*; S. 411 – 418.

[POS99]

Post, Hilde-Josephine: *Neue Realitäten – Virtual Reality als kostbares Werkzeug; c't 19/1999*; Heise-Verlag, Hannover S. 98 – 103.

Prof. Dr.-Ing. Uwe Bracht
Dipl.-Ing. Martin W. Fahlbusch
Institut für Maschinelle Anlagentechnik
und Betriebsfestigkeit
Abt. für Anlagenprojektierung und
Materialflußlogistik
Leibnizstraße 32
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: 05323/72-2201
Fax: 05323/72-3516

Archäometrie – Untersuchung kulturhistorischer Objekte mit aktuellen Methoden

Von *Stephanie Kaufmann*

Was ist eigentlich Archäometrie?

Immer wieder gehen Berichte durch die Presse, bei denen es um die Frage des Alters eines Fundes oder um den Nachweis einer Fälschung geht. Sei es die Frage, wie lange „Herr Ötzi“ schon im Gletschereis lag, oder ob ein Mosaik wirklich aus dem sagenumwobenen Bernsteinzimmer stammt. Alles Fragen, die nicht nur spannend und interessant sind, sondern auch einen ganz profanen Hintergrund haben können, wenn es um eine Echtheitsanalyse geht. Doch die meisten archäometrischen Untersuchungen sind weniger reißerisch und spektakulär.

Ein Beispiel: Eine Grabung wird von Archäologen und Historikern geführt und begleitet. Pollenanalysen der im Boden eingelagerten Pflanzenteile erlauben eine Rekonstruktion der Vegetation, Altersbestimmungen helfen den Archäologen, neben der klassischen Keramikdatierung, bei der zeitlichen Einordnung der Fundstelle, DNA-Analysen von Knochenfunden zeigen die Verwandtschaftsgrade der damals lebenden Bevölkerung. Materialuntersuchungen der Funde und Analysen der Inhalte von Gefäßen lassen Rückschlüsse auf die Nutzung des Fundplatzes zu (z.B. Verhüttung von Erzen, Handel oder Wohnen).

Dies sind nur einige Beispiele archäometrischen Forschens. Die Archäometrie ist keine streng abgegrenzte Wissenschaft, sondern basiert auf der interdisziplinären Zusammenarbeit von Wissenschaftlern der verschiedensten Wissenschaftsbereiche. Das ist leichter gesagt als getan; erfolgreiches Kooperieren muß erlernt und praktiziert werden. Eine gemeinsame Verständigungsebene und die gemeinsame Erarbeitung von klaren Lösungsstrategien ist dazu unerlässlich.

Archäometrie an der TU Clausthal

Unsere Universität feierte vor kurzem ihr 225-jähriges Bestehen. Aus ihrer Geschichte heraus ist es nicht verwunderlich, daß an einer Universität, die sich aus dem klassischen Bergbau, der Verhüttung und der Verarbeitung der Rohstoffe heraus entwickelt hat, auch die hier praktizierte Archäometrie sich mit den daraus resultierenden montangeschichtlichen Spuren beschäftigt. Seit langem werden die Verhüttungsrelikte aus vorigen Jahrhunderten und Jahrtausenden untersucht und z.B. die zur Fertigung nötigen Prozesse rekon-

struiert und auch die aus diesen Prozessen resultierenden Metalle als Halbfertig- und Fertigprodukte hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und ihrer Verarbeitungsspuren untersucht.

Ab Beginn der 80er Jahre entwickelte sich eine solche interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen den Archäologen des Instituts für Denkmalpflege, Hannover, einerseits und Wissenschaftlern des Instituts für Anorganische und Analytische Chemie andererseits.

Den Beginn dieser archäometrischen Untersuchungen in Clausthal bildeten montanarchäologische Funde einer Grabung in Düna, Ldkr. Osterode am Harz, wobei Erze, Schlacken, Bleiglätte und Metallobjekte archäometrisch untersucht wurden [1-3]. Diese Untersuchungen beinhalten neben der Ermittlung der chemischen Zusammensetzung der Funde auch die physikalisch-chemische, mineralogisch-mikroskopische und thermoanalytische Charakterisierung. Zur Klärung spezieller Fragen werden auch Sonderuntersuchungen an andere Forschungsgruppen weitergegeben, wie

z.B. Blei-Isotopen-Verhältnismessungen, die es ermöglichen, die Herkunft von bleihaltigen Funden (Erze, Schlacken, Metalle) aus Lagerstätten einzugrenzen und gegebenenfalls festzustellen.

Durch die Zusammenarbeit mit dem Institut für Denkmalpflege, Hannover, gelangten auch bronzezeitliche Funde zur Untersuchung an das Institut für Anorganische und Analytische Chemie der TU Clausthal.

Im folgenden soll nun exemplarisch aufgezeigt werden, was mit naturwissenschaftlichen Untersuchungen erreicht werden kann und welche Voraussetzungen dazu optimal sind.

Voraussetzungen und Fragestellungen

Wenn das Wort „Untersuchung“ fällt, so erscheint meistens das Behandlungszimmer des Hausarztes vor dem geistigen Auge. Ähnlich eingehend und vorsichtig sind auch die Untersuchungen an den Artefakten vorzunehmen. Zum ei- ►



**Ringe aus der
Lichtensteinhöhle**

REM-Aufnahme der Oberfläche

Ausgewaschene Kupfer- korrosionsprodukte der ehemaligen Dendritenarme

Zinnreiche Phasen

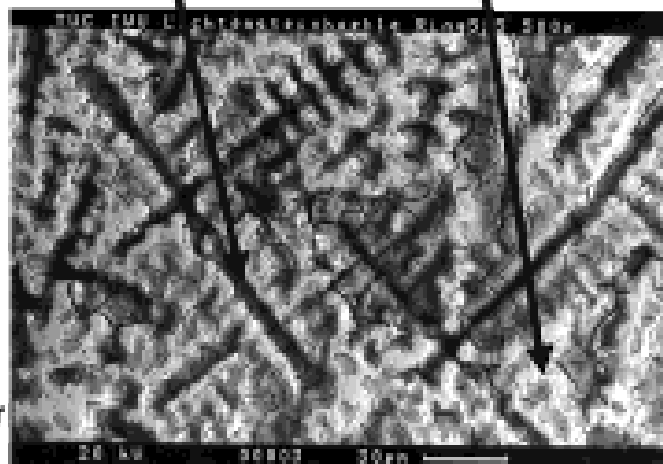


Bild 1: Die wie korrodiertes Silber erscheinende Oberfläche der Ringe aus der Lichtensteinhöhle im Rasterelektronenmikroskop (REM). Weiß erscheinende korrodierte Zinnphasen und Bereiche ausgewaschener Kupferkorrosionsprodukte.



REM-Aufnahme der Oberfläche mit Meßpunkten

Bild 2: Fibel (Gewandspange), welche im Inneren nur noch aus grünem Korrosionsmaterial besteht (oben Mitte). Die rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen zeigen die Oberfläche der korrodierten Bronze, in der das ehemalige Gußgefüge noch zu erahnen ist (unten rechts).

nen, da sie oft recht fragil sind und daher leicht zerstört werden könnten; zum anderen dürfen sie oft auch nicht stark verändert werden, d.h. Teile entfernt werden, da u.a. ihre Form den Archäologen wichtige Hinweise auf die Zeitstellung oder Herkunft gibt.

Es muß zunächst immer geprüft werden, ob es sinnvoll ist, eine Untersuchung in die Wege zu leiten. Ein einzelnes Stück zu untersuchen, ist sicherlich notwendig, wenn die Frage nach der Authentizität beantwortet werden muß, oder, um zu klären, ob dieses oder jenes Stück wirklich aus dem Material besteht, dessen Anschein es erweckt.

SILBER IN DER BRONZEZEIT?

Beispielsweise gelangten zwei Ringe aus der nahe gelegenen Lichtensteinhöhle bei Förste, Ldkr. Osterode am Harz, zwecks Analyse des Materials zur Untersuchung [4]. Da diese Ringe das grünlich silberne Aussehen angelaufenen Silbers besitzen, stellte sich die Frage, ob sie wirklich aus Silber bestehen: Denn so wären sie eine Sensation, da es nur wenige Silberfunde aus der nordischen Bronzezeit gibt. Leider erfüllte sich diese Hoffnung nicht. Die beiden Ringe bestanden aus einer, für diese Zeitstellung typischen Bronze, einer Legierung aus Kupfer und Zinn. Untypisch war allerdings die auf der Oberfläche befindliche Korrosion. Durch Auswaschung der im Verlauf der Korrosion entstandenen Kupfersalze blieben nur noch weißlichgraue, aus korrodiertem Zinn beste-

hende Restphasen aus den Zwickeln der ehemaligen dendritischen (bäumchenartigen) Gußstruktur gerüstartig erhalten (Bild 1).

Andererseits ist es aber nicht sinnvoll, ein einzelnes Stück einer ganzen Serie naturwissenschaftlich zu bearbeiten, wenn nicht unbedingt eine bestimmte Frage zu beantworten ist: Da fast immer ein Eingriff in den Fund, wie z.B. eine Bohrung zur Probenentnahme oder ein Anschliff mit einer Analyse, einhergeht, wird das Fundstück immer verändert bzw. geschwächt, egal, wie klein der Eingriff auch ist. Selbst mittels modernster Analyseverfahren kann nicht immer die Probe „zerstörungsfrei“ untersucht werden, zumal ein Entfernen von Korrosionsschichten auf den Funden jeglichen Materials fast immer vonnöten ist, um an das Originalmaterial heranzukommen; d.h. sie erfordern immer eine Probenvorbereitung und damit einen mehr oder weniger großen Eingriff in das Fundstück, wie z.B. das Freilegen einer wenige Quadratmillimeter großen Oberfläche oder die Abnahme eines kleinen Stückes Korrosion. Weiterhin muß vor jeder Untersuchung eine klare Fragestellung erarbeitet werden, d.h. inwieweit die naturwissenschaftlichen Methoden überhaupt die kulturhistorische Fragestellung beantworten können.

Daher ist es wichtig, interdisziplinär zu arbeiten: Ein Naturwissenschaftler hat nicht die Ausbildung eines Archäologen oder umgekehrt, was bedeutet, daß, bevor überhaupt Hand an das Stück gelegt wird, eine Besprechung mit allen Beteiligten notwendig ist. Hier muß also erst die Fragestel-

lung definiert, daraufhin müssen die möglichen Untersuchungsmethoden ausgewählt, die Grenzen dieser Methoden erfaßt und der erforderliche Eingriff in den Habitus des Fundes mit der daraus resultierenden Erkenntniserweiterung abgewogen werden. Sind alle diese Voraussetzungen erfüllt, kann es noch immer passieren, daß die gestellten Erwartungen nicht erfüllt werden. Manchmal ist es gar nicht mehr möglich (oder aber nur sehr schwer), Analysen durchzuführen, da durch vorangegangene falsche Lagerung oder restauratorische Aktivitäten das Fundstück so verändert worden ist, daß eine zielgerichtete Untersuchung nicht mehr möglich ist.

UNWIEDERBRINGLICH ZERSTÖRT

So ist beispielsweise bei der Vorbereitung zur rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung einer Reihe von bronzezeitlichen Artefakten eine Gewandspange zerbrochen, da in ihrem Inneren nur noch Korrosionsmaterial und keine ursprüngliche Bronze vorhanden war (Bild 2).

Die äußere Form dieser Gewandspange wurde nur noch von dem zur Konservierung eingesetzten Lack zusammengehalten. So war es nicht mehr möglich, eine aussagekräftige Messung der Elementverteilung des ursprünglichen Materials zu gewinnen.

Nicht unerheblich ist es, in diesem Zusammenhang zu erwähnen, daß die modernen Untersuchungsmethoden sehr empfindlich sind und jede Manipulation am Fundstück, wie z.B. Schweißspuren durch Anfassen, Beschriften, Restaurieren etc., registriert werden.

Die „Untersuchung“ eines Fundstückes

SO HABEN WIR ES GEMACHT

Im folgenden wird aufgezeigt, wie ein Fundstück zur archäometrischen Untersuchung gelangt, was man zweckmäßig untersuchen kann und welche Schlußfolgerungen daraus resultieren.

Es können ganze Grabungskomplexe (Ausgrabungsinventare) zu archäometrischen Untersuchungen herangezogen werden. Hierbei werden die verschiedensten Materialien untersucht und die verschiedensten Untersuchungsmethoden der jeweiligen Forschungseinrichtungen eingesetzt [5].

Wenn eine Grabung oder Begehung ein Fundstück hervorbringt, welches einem bestimmten Typus angehört, so erfolgt meistens eine eingehende archäologische Beschäftigung mit diesem Fund und eine Eingliederung in eine archäologische Formengruppe. Aus diesen archäologischen Arbeiten heraus können dann die einzelnen Funde durch die Vermittlung des bearbeitenden Archäologen in das Institut für Anorganische und Analytische Chemie gelangen [6].

So wurden z.B. bronzezeitliche Funde einer Formenklasse, wie Kurzschwerter des Dahlenburger ►

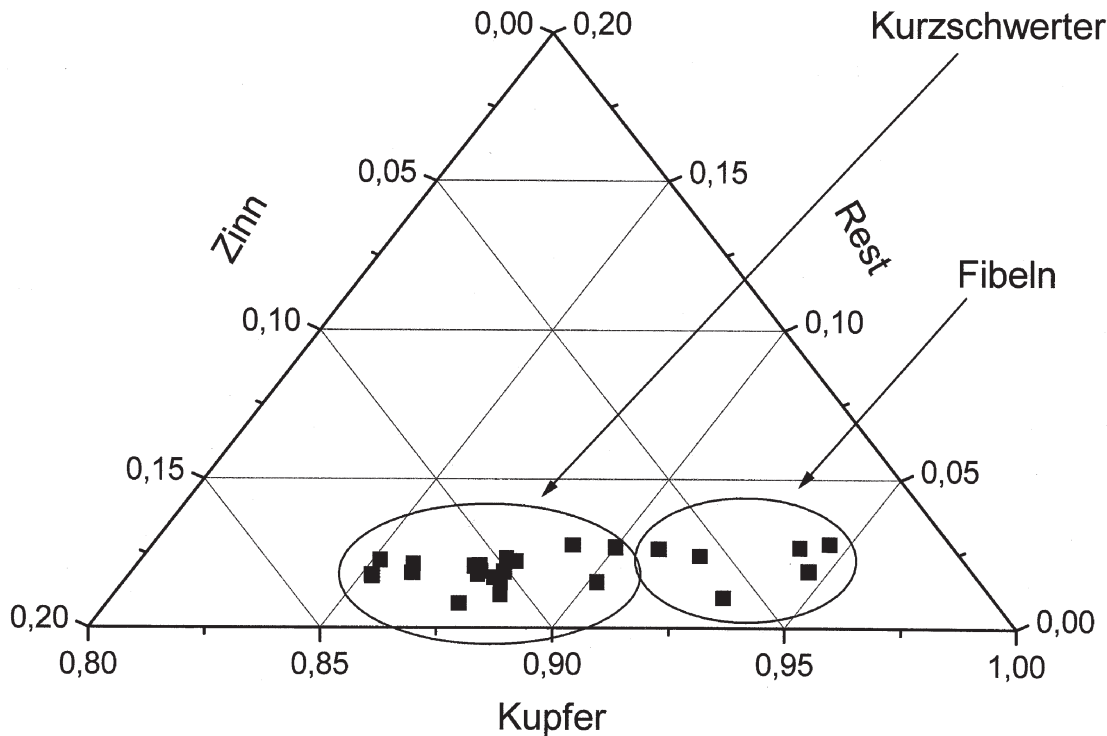


Bild 3: Der Kupfergehalt, der Zinngehalt und die Summe der restlichen Elemente der untersuchten Bügelplattenfibeln und der Kurzschwerter als Ternärdiagramm dargestellt. Deutlich ist eine Anhäufung der Elemente innerhalb der Gruppen und eine Trennung zwischen Kurzschwertern und Bügelplattenfibeln zu erkennen.

Typs oder auch Gewandspangen, sog. Bügelplattenfibeln, hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und ihres Gefüges untersucht [7].

Wenn ein Fundstück zur Untersuchung gelangt, wird es, bevor irgendeine Messung erfolgt, erst eingehend begutachtet, um die weiteren zur Analyse nötigen Schritte festzulegen.

Dabei werden zum einen alle vorhandenen „technischen“ Daten, wie z.B. Fundumstände, Einlieferung in das Museum, Restaurierungsmaßnahmen und -daten oder auch Lagerungsbedingungen, mit einbezogen. Desweiteren werden die bei der Einlieferung erkennbaren Spuren dokumentiert. Ein Beispiel: Eine Gewandspange hatte wenig anhaftende Korrosion und war subjektiv viel zu leicht. Das kann seine Ursache in einer unterhalb der restaurierten Schicht so weit fortgeschrittenen Korrosion haben, daß kein Originalmetall mehr vorhanden ist und die Fibel so zu leicht wird. Um Gewißheit darüber zu erlangen, ist dieser Fund röntgenographisch durchleuchtet worden. Dabei stellte sich heraus, daß kein Originalmaterial mehr vorhanden ist. Alle weiteren Maßnahmen – bis auf eine Bestimmung der Mineralphase des Korrosionsprodukts – haben sich somit im Vorfeld der Untersuchungen erledigt. Allerdings stellt dieser Umstand gottlob einen Einzelfall und die röntgenographische Durchleuchtung eine große Hilfe bei der Bearbeitung vieler Funde dar. Es kommt vor, daß ein Fundstück so umfangreich restauriert wurde, daß man

nicht erkennen kann, wo noch originales, ursprüngliches Material vorhanden ist oder wo die restauratorischen Ergänzungen beginnen. In einem solchen Fall kann das Erstellen eines Röntgenbildes dazu beitragen, im Vorfeld der Untersuchungen die Eingriffe in den Habitus des Fundes möglichst gering zu halten. Man kann dann sehen, wo noch originales Material vorhanden ist und wo man den Fund anschleifen oder entlang von Klebestellen trennen kann. Bei den durchgeführten Schritten werden immer wieder Fotos des momentanen Zustandes erstellt, um eine Dokumentation der Bearbeitung zu erhalten.

Die Auswahl der Anschliffbereiche richtet sich einerseits danach, daß möglichst vergleichbare Bereiche freigelegt werden, z.B. immer die gleiche Stelle bei einem Ensemble von gleichartigen Funden, und andererseits nach schon vorhandenen Bruchkanten und -flächen, da hier ein recht geringer Eingriff nötig ist, um an das originale Material zu gelangen. Ist der Anschliffbereich festgelegt, wird aus diesem Bereich vorerst das Korrosionsmaterial entnommen, um eine Bestimmung des Mineralbestandes vorzunehmen. Dann wird vorsichtig unter Anwendung von Schleifpapieren verschiedener Körnung und letztendlich unter Verwendung von Diamantpaste das Originalmaterial freigelegt, so daß die Oberfläche glatt poliert und möglichst frei von Kratzern ist. Es schließt sich eine lichtmikroskopische Untersuchung der Oberfläche an. Die derart freigelegte Oberfläche erlaubt außerdem eine Bestimmung der Elementverteilung mit Hilfe des Rasterelektronen-

mikroskopes. Diese Messungen wurden am Institut für Werkstoffumformung der TU Clausthal vorgenommen. Die Meßmethodik erlaubt neben der Ermittlung der Elementverteilung, auch in Kleinstbereichen, gleichzeitig die Abbildung der Oberfläche in größter Vergrößerung. So können verschiedene Phasen erkennbar sein, die Rückschlüsse auf das Gefüge und damit auf die Verarbeitung des Materials zulassen und hieraus Rückschlüsse auf die Ver- und Bearbeitung des Fundes.

MATERIAL UND KNOW-HOW – KUNST UND KÖNNEN

Durch die Elementverteilungsanalyse konnten so Bleisulfid- und Kupfersulfideinschlüsse in den bronzezeitlichen Artefakten detektiert werden. Sie geben einen Hinweis auf die Verwendung und Verarbeitung sulfidischer Erze und zeigen, daß die bronzezeitlichen Hüttenleute schon sehr wohl aus sulfidischen Erzen Metalle erschmelzen konnten.

Es konnte weiterhin festgestellt werden, daß die bronzezeitlichen Handwerker über erstaunlich einheitliche Bronzen verfügten. Das zeigt sich z.B. darin, daß jeweils einheitliche Legierungszusammensetzungen benutzt wurden. Das Material der untersuchten Schwerter und der Fibeln unterscheidet sich, so daß davon ausgegangen werden kann, daß Legierungen für spezielle Anwendungen geschaffen wurden (**Bild 3**). Gleichzeitig ►

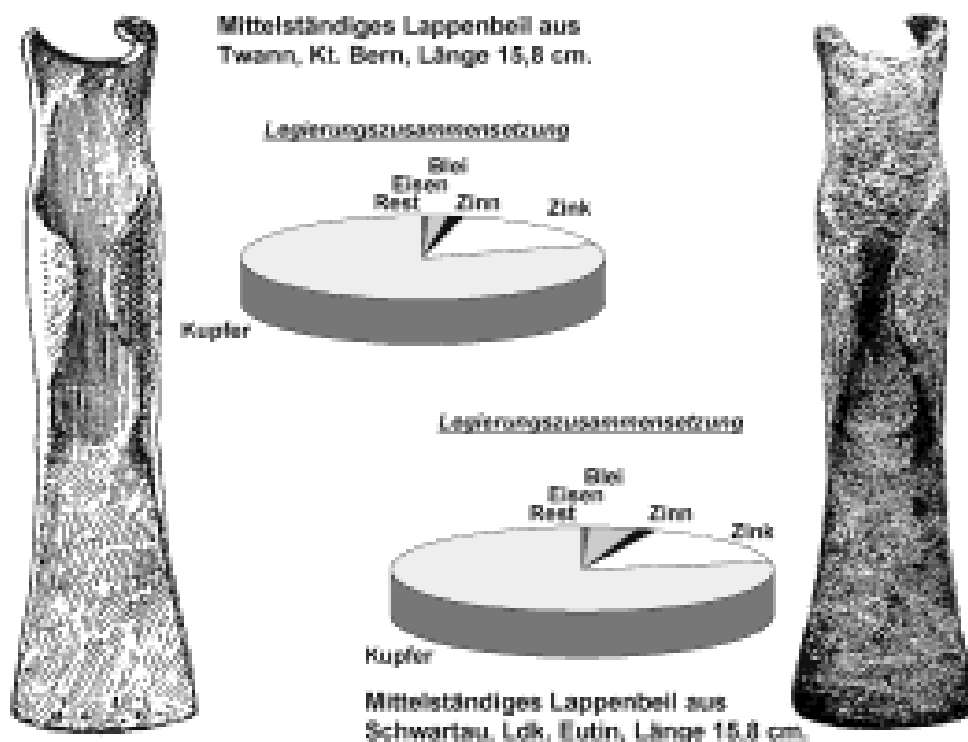


Bild 4: Die aus Messing bestehenden Nachbildungen der bronzezeitlichen Lappenbeile (Zeichnung des Beiles rechts aus [9]).

mit der Einheitlichkeit der Legierungen für spezielle Gegenstände stellt sich damit auch die Frage, ob spezielle Legierungen für spezielle Anwendungen in der Bronzezeit als Halbfertigprodukte verhandelt worden sind oder ob jeder Handwerker über jenes genaue Wissen der Legierungszusammensetzung verfügte. Das Verhandeln von möglicherweise „standardisierten Bronzematerialien“ ist schon zur Diskussion gestellt worden [8]; denn das Legieren erfordert Spezialkenntnisse, die sicherlich nicht von jedem Handwerker beherrscht worden sind. Es ist weiterhin erstaunlich, daß die untersuchten Schwerter eine für den Gebrauchszweck optimale Legierungszusammensetzung einer ca. 10%igen Zinnbronze aufweisen. Bei kaltverformten Legierungen nimmt die Festigkeit dieser Legierung bis zu einem Gehalt von 10% Zinn zu, so daß diese Schwerter folglich aus einer Spezialbronze, optimal für ihren Verwendungszweck als Waffe, bestehen.

Auch Stifte, die zur Befestigung der Griffschale von Schwertern dienten, weisen einen erhöhten Zinngehalt auf. Sie sind damit sehr hart und zum Durchtreiben durch die vorgebohrten Löcher in der bronzenen Griffzunge oder einem Heft geeignet.

Werden im Vergleich dazu die Elementverteilungen der Fibeln betrachtet, die durch das Tragen einer starken Biegebelastung ausgesetzt sind, so läßt sich feststellen, daß auch diese wiederum aus einer für ihren Verwendungszweck optimierten Bronze mit Gehalten von bis zu 7% Zinn bestehen. Wäre mehr Zinn einlegiert wor-

den, könnte das Material nicht der ständigen Biegebelastung beim Tragen ausgesetzt werden: Je mehr Zinn einlegiert wird, desto höher ist auch der Anteil der spröden δ -Phase in der Bronze, was zu einem Zerreißen der Bronze bei Biegebelastungen führen kann.

Durch die Feststellung der Elementverteilung konnten u.a. auch zwei „bronzezeitliche“ Beile als moderne Nachbildungen enttarnt werden, da das in diesen Fällen verwendete Material ein neuzeitliches Messing – eine Legierung aus Kupfer und Zink – war (Bild 4).

DAS GEFÜGE – ODER DIE NOCH ERKENNBAREN SPUREN DER VERARBEITUNG

Nach der Durchführung einer Elementverteilungsanalyse und der Begutachtung des Zustandes des Materials schließt sich oft eine Bewertung des Gefüges an. Hierzu muß die Oberfläche allerdings angeätzt werden, um die Strukturen des Materials – wie Körner, Korngrenzen, Entmischungen und Zwillingsbildung – sichtbar zu machen. Dieser Eingriff muß immer sorgfältig mit dem Zustand des Fundes und der möglichen Aussagekraft der Gefügebetrachtung abgewogen werden; denn eine Ätzung belastet das Artefakt, da auch hier ein Materialabtrag stattfindet. Die Ätzlösung muß dementsprechend immer sorgfältigst von der angeätzten Oberfläche entfernt werden, da Reste dieser Lösung in Zwickeln oder Rissen Korrosion auslösen und katalysieren können. Selbst kleinste Reste korrosiver Substanzen können zu erheblichen Schä-

den führen; archäologische Funde müssen schließlich nicht wie z.B. ein Auto max. zwei Jahrzehnte halten, sondern wenigstens die nächsten Jahrhunderte überstehen. So besteht hier eine ganz besondere Verantwortung gegenüber unseren Nachkommen, mit diesen Funden sorgsam umzugehen und sie zu erhalten. Denn ein Fundstück ist immer (!) ein Unikat; seine Zerstörung birgt auch immer den Verlust eines Teils unserer eigenen Geschichte.

Daher haben wir uns zur Verwendung von Salpetersäure zur Ätzung entschieden. Sie läßt sich leicht von der Oberfläche entfernen, und das sich bildende Kupfernitrat wandelt sich schnell unter Abgabe von nitrosen Gasen in Kupferoxid um, so daß keine schädlichen Reste auf der Oberfläche verbleiben. Ein weiterer Vorteil ist, daß keine Chloridionen in dieser Ätzlösung vorkommen, denn diese wirken stark katalytisch auf Korrosionsvorgänge bzw. können sie selbst auslösen und im Laufe der Jahre einen erheblichen Teil des Fundes in Korrosionsprodukte umwandeln.

Mit Hilfe derartiger Gefügestudien konnte nachgewiesen werden, daß die bronzezeitlichen Handwerker Meister ihres Faches waren, denn fast alle untersuchten Funde wiesen sehr gute Gußqualitäten auf. Teilweise wurden ausgeprägte Um- und Nachformgefüge gefunden, die erst durch Erholungsglühen möglich sind, so daß davon ausgegangen werden kann, daß die frühen Handwerker sehr genau wußten, wie weit eine Bronze umgeformt werden kann, ohne zu zerbrechen. Es erfolgte dann ein kurzes Erholungsglühen, um ggf. weiter umformen zu können.

Überdies war den Handwerkern eine recht genaue Temperaturführung bekannt. Das Anbringen von bronzenen Halteplatten zur Befestigung einer Goldauflage wurde derart kunstvoll vorgenommen, daß die Goldauflage nicht geschmolzen ist, obwohl beide Materialien, Gold und Bronze, fast die gleiche Schmelztemperatur aufweisen. Die Verbindung zwischen dem Grundkörper der Fibel und den Halteplatten ist selbst heute noch sehr fest und nicht von Korrosion destabilisiert.

Trotz dieser Erkenntnisse war den bronzezeitlichen Handwerkern wahrscheinlich nicht bekannt, daß eine Bronze durch sehr langes Glühen homogenisiert werden kann und sich ihre Eigenschaften bzgl. der Verarbeitung wesentlich verbessern. Dennoch sind homogene Bronzen zur Untersuchung gelangt. Diese stammen aber alle ausschließlich aus Brandbestattungen.

KORROSION – DER ZAHN DER ZEIT NAGT ...

Da die originalen Fundstücke vorlagen, konnten auch Patina-Untersuchungen vorgenommen werden. Dabei handelte es sich in den meisten Fällen um eine typische Carbonatbildung auf den Bronzen. Allerdings konnte auch die Bildung chlorhaltiger Minerale nachgewiesen werden, die aufgrund ihrer katalytischen Wirkungsweise einen korro- ►

sionsbeschleunigenden Einfluß ausüben und so den Fund erheblich schwächen, wenn nicht sogar zerstören können, sofern nicht geeignete restauratorische Maßnahmen ergriffen werden. Korrosionsschichten geben weiterhin wichtige Hinweise auf die Fundlagerung, da das jeweilige Milieu die Korrosion beeinflusst bzw. bestimmt. Eine der untersuchten Fibeln zeigte starke sekundäre Degenerationserscheinungen, die von einer unsachgemäßen Behandlung bzw. Lagerung stammen (**Bild 5**). Hier konnten die gebildeten Minerale als Kupferformiat und -acetat mittels IR-Spektroskopie, einer Methode, die vielfach in Routine- und Reihenuntersuchungen eingesetzt wird, charakterisiert werden. Dies sind Salze, die bei der Lagerung des Gegenstandes in Vitrinen entstehen können, wenn diese aggressive Gase emittieren. Oft sind solche Patina-Untersuchungen auch zur Echtheitsbestimmung unerlässlich, da eine über die Jahrhunderte langsam gewachsene Korrosionsschicht andersartig ist als eine künstlich erzeugte Patinaschicht.

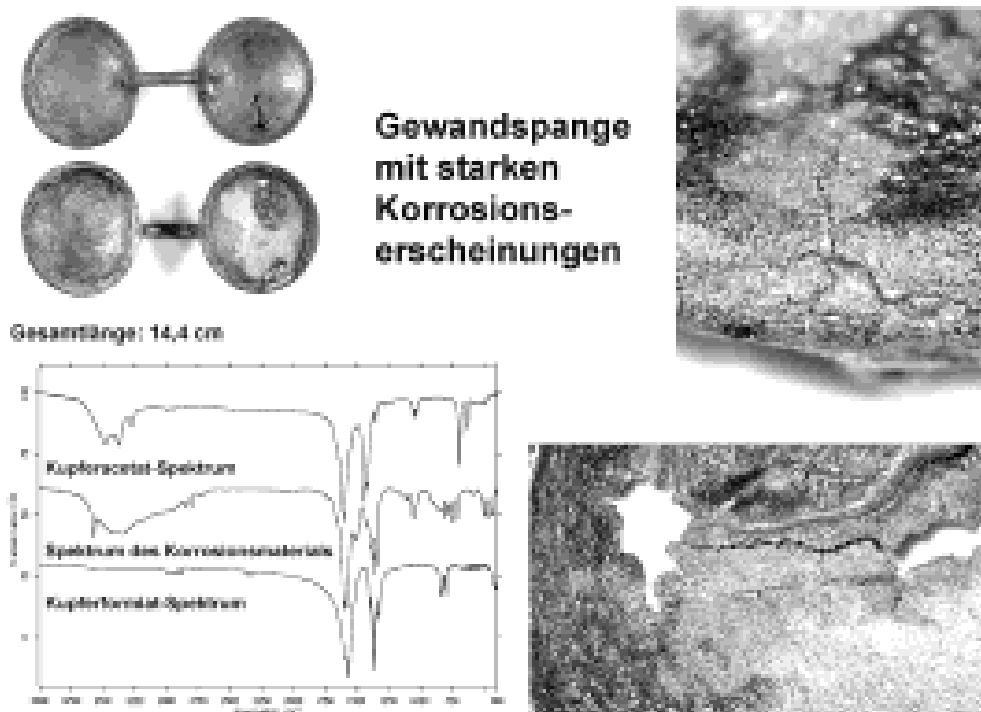


Bild 5: Eine Fibel (Gewandspange) mit starken Korrosionserscheinungen, die den Habitus erheblich geschwächt haben. Dies führte zur Bildung von Rissen (oben rechts) und zum Abplatzen einer bronzezeitlichen Gußreparatur (unten rechts). Mit Hilfe der IR-Spektroskopie konnten die gebildeten Minerale identifiziert und damit die Ursache der Korrosion erkannt werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Archäometrie ist ein aktueller Wissenschaftszweig, der sich modernster Untersuchungsmethoden bedient, um archäologische und kulturhistorische Fragen zu beantworten. Am Institut für Anorganische und Analytische Chemie der TU Clausthal werden vorzugsweise Verhüttungsrelikte und Metallgegenstände, so auch aus der Bronzezeit, bearbeitet. Es konnte festgestellt werden, daß die damaligen Handwerker schon über exzellentes Wissen der Metallherstellung, Legierung der Bronze und deren Bearbeitung verfügten. Die untersuchten Artefakte sind weiterhin bezüglich ihres heutigen Zustandes untersucht und dokumentiert worden. Eine intensive Zusammenarbeit zwischen oft verschiedensten Wissenschaftszweigen ist vonnöten, wenn kulturhistorische Fragestellungen geklärt werden sollen.

In der modernen Forschung wird immer mehr die Forderung nach interdisziplinärem Arbeiten erhoben – eine Forderung, die in der Archäometrie bestens verwirklicht ist.

DANKSAGUNG

Mein besonderer Dank gilt Prof. Dr. W. Brockner für anregende wissenschaftliche Diskussionen, Dr. O.M. Wibertz vom Institut für Denkmalpflege, Hannover, für die Vermittlung der Fundgegenstände und den Mitarbeitern der verschiedenen Museen für das entgegengebrachte Vertrauen. Dr. D. Klemens vom Institut für Werkstoffumformung der TU Clausthal danke ich herzlich für die Ermöglichung der rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen und der Metallographin A. Heiske und den Werkstoffprüferinnen S. Lenk, S. Schirmer und A. Kost für ihre Arbeit am Rasterelektronenmikroskop.

LITERATUR

- [1] Koerfer, S.: *Mineralogie und Petrographie von Verhüttungsrelikten aus dem Harzraum*. Dissertation, TU Clausthal, 1990.
- [2] Heimbruch, G.: *Archäometrie an Verhüttungsrelikten der Harzregion*. Dissertation TU Clausthal 1990.
- [3] Segers-Glocke, C. (Hrsg.): *Auf den Spuren einer frühen Industrielandschaft, Naturraum – Mensch – Umwelt im Harz. Arbeitshefte zur Denkmalpflege in Niedersachsen, 21, Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege, Niemeyer Buchverlag Hameln, 2000.*
- [4] Flindt, S.: *Die Lichtensteinhöhle bei Osterode, Ldkr. Osterode am Harz. Eine Opferhöhle der jüngeren Bronzezeit im Gipskarst des südwestlichen Harzrandes. Die Kunde N.F. 47, 1996, 435 – 466.*
- [5] Mommsen, H.: *Archäometrie. Neuere naturwissenschaftliche Methoden und Erfolge in der Archäologie*. Stuttgart, Teubner, 1986.
- [6] Wilbertz, O.M.: *Neufund einer Bügelplattenfibel vom Brandgräberfeld Fdst.Nr.1 in der Gemarkung Messingen, Ldkr. Emsland. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Heft 20, 1997, 29 – 39. Isensee Verlag, Oldenburg.*
- [7] Kaufmann, S.: *Archäometrische Untersuchungen an bronzezeitlichen Metallartefakten*. Dissertation, TU Clausthal, 1998, Papierflieger Clausthal-Zellerfeld, ISBN: 3897201909.
- [8] Tylecote, R. F.: *A History of Metallurgy*. The Metals Society, London, 1976.
- [9] Sprockhoff, E.: *Zur jüngeren Bronzezeit von Holstein. Offa 11, 1952, 118 – 133.*

Anm. d. Red.:

Die Verfasserin wurde für ihre diesem Aufsatz zugrunde liegende Dissertation mit dem Eberhard-Schürmann-Preis 1999 ausgezeichnet.

Dr. Stephanie Kaufmann
Institut für Anorganische und Analytische Chemie
Paul-Ernst-Straße 4
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: 05323 / 72-2853
Fax: 05323 / 72-2995
E-Mail: stephanie.kaufmann@tu-clausthal.de ■

Vier Professoren wurden gemeinsam verabschiedet

Der Rektor der TU Clausthal, Professor Dr.-Ing. Peter Dietz, verabschiedete die Professoren Klaus Müller (Erdölgeologie), Reiner Labusch (Angewandte Physik) Hans-Joachim Lürig (Bergbau) und Alfons Vogelpohl (Thermische Verfahrenstechnik)



Professor Dr. rer. nat. Klaus Müller

Professor Dr. rer. nat. Klaus Müller wurde 1935 in Küstrin geboren, studierte Geologie in München und Clausthal, promovierte 1967 an der Technischen Hochschule Clausthal im Fachgebiet Sedimentologie und erwarb 1975 an der TU Clausthal nach der Habilitation die Venia legendi für Erdölgeologie.

Seinen beruflichen Weg begann er als wissenschaftlicher Mitarbeiter der preußischen Bergwerks- und Hütten-AG im Jahr 1962, wurde im Jahr 1964 wissenschaftlicher Assistent in der Geologie der TU München, wechselte im gleichen Jahr an die TH Clausthal, um schließlich 1980 zum Professor für Sedimentologie und Meeresgeologie an der TU Clausthal ernannt zu werden.



Professor Dr.-Ing. Hans-Joachim Lürig

Professor Dr.-Ing. Alfons Vogelpohl, 1932 in Osnabrück geboren, promovierte als Maschinenbauer im Jahr 1964 an der TH Hannover und ging im gleichen Jahr zu einem Forschungsaufenthalt an das Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge/USA. Von dort begann er seinen beruflichen Weg in den USA als Entwicklungsingenieur bei Dupont und habilitierte sich extern für die Verfahrenstechnik an der Universität Karlsruhe im Jahr 1968.

Im Jahr 1970 wurde er wissenschaftlicher Rat und Professor an der Universität Karlsruhe, im Jahr 1977 berief ihn die TU Clausthal für die thermische Verfahrenstechnik.

geren früheren Mitarbeiter zum 30. September zu einem Seminar nach Clausthal eingeladen. Gleichzeitig mit dem Ausscheiden von Professor Labusch wurde das 1965 gegründete Institut für Angewandte Physik (erster Direktor Prof. Dr. D. Geist) in das neu gegründete Institut für Physik / Physikalische Technologien eingegliedert. Beide Ereignisse legten es nahe, eine Bilanz über die in den Jahren 1977 bis 2000 geleistete Arbeit zu ziehen. In den Arbeitsgruppen lineare und flächenhafte Defekte, magnetischer Fluß in Hochtemperatur-Supraleitern, punktförmige Defekte in Halbleitern (magnetische Elektronenresonanz), Solarmaterialien (amorphes Silizium, Kupfer-Indium-Diselenid), Technologietransfer wurden 10 Dissertationen abgeschlossen, 72 Diplomarbeiten durchgeführt, davon 10 in Zusammenarbeit mit Hochschullehrern der Ingenieurwissenschaften, und 14 Lehramtsarbeiten geschrieben. Insbesondere durch seine Zusammenarbeit mit den Ingenieurwissenschaften hat Prof. Dr. Labusch zur Entstehung

Professor Dr.-Ing. Hans-Joachim Lürig, geboren 1935 in Wuppertal, promovierte an der TH Aachen im Fachgebiet Bergbau (1965). 1966 trat er bei der Bergbau-Forschung GmbH in Essen-Kray ein. 1974 wurde er ordentlicher Professor am Institut für Bergbau an der TU Clausthal und leitete die Fachabteilung Maschinen- und Wittertechnik. Die TH Aachen zeichnete ihn 1961 mit der Borchers-Plakette aus. Von 1981 - 1983 war er Dekan der Fakultät für Bergbau und Hüttenwesen.

Anlässlich seiner Emeritierung hatte Professor Labusch seine gegenwärtigen und die en-



Professor Dr.-Ing. Alfons Vogelpohl

des neuen Studiengangs Physik/Physikalische Technologien beigetragen. In ihren Vorträgen faßten die derzeitigen Mitarbeiter die Arbeiten der letzten 23 Jahre zusammen und stellten die zahlreichen High-Lights heraus. Der Vortrag von J. Schmidt, Institut für Physikalische Elektronik, Stuttgart, über die derzeitigen Probleme bei der Herstellung von Solarzellen war der Ausblick in die Zukunft. Beim Abendessen in der alten Institutsbibliothek – so voll war es hier noch nie – bedankte sich Prof. Labusch bei seinen Mitarbeitern für die gute Zusammenarbeit, ohne die das alles nicht zustande gekommen wäre. Es wurde noch lange diskutiert. ■



Professor Dr. Labusch (rechts am Schild) im Kreis der ehemaligen und jetzigen Institusmitarbeiter.

Anzeige

**Damit Ihre
Botschaft
ankommt.**

*Mitarbeiter- und
Kundenzeitschriften
Kommunikation
Image-Prospekte
Public Relations
Media-Planung*

Media-Consult Verlags GmbH

38640 Goslar
Bergstraße 60 a

Tel. (05321)41502
Fax (05321)41503

Dr. habil. Peter E. Blöchl zum C4-Professor für Theoretische Physik ernannt

Der Computer als Nanolabor



Bei der Ernennung: (v.l.n.r.) Prof. Dr. V. Kempter, D. Wieczorek, Prof. Dr. D. Mayer, Prof. Dr. P. Blöchl, Prof. Dr.-Ing. P. Dietz, Prof. Dr. D. Kaufmann, Prof. Dr. W. Schade.

Der Rektor der TU Clausthal, Professor Dr.-Ing. Peter Dietz, ernannte Dr. rer.nat. habil. Peter E. Blöchl, vom IBM Forschungszentrum Zürich in Rüschlikon, Schweiz, kommend, zum C4-Professor für Theoretische Physik.

Geboren 1959 in Frankfurt am Main, studierte Peter Blöchl Physik an der Universität Karlsruhe (1978 - 84) und promovierte 1989 an der Universität Stuttgart als Externer mit einer Arbeit über „Kräfte, Gesamtenergien und Metall-Halbleitergrenzflächen“. 1997 habilitierte sich Peter Blöchl an der TU Wien mit einem neuen Modell und einer neuen Berechnungsmethodik der Bindungskräfte zwischen Atomen.

Seine wissenschaftliche Heimat waren die Max-Planck-Institute für Metall- und Festkörperforschung in Stuttgart, sein Doktorvater Professor Dr. Ole K. Andersen. Die Vorgänge chemischer Bindung an Metall-Halbleitergrenzflächen können mit Hilfe von Computersimulationen studiert werden. Der Computer wird im Nanobereich, in der Größenordnung mehrerer hundert Atome, d.h. räumlich im Millionstel Millimeterbereich, dort, wo keine realen Experimente möglich sind, zum virtuellen Labor. Berechnungen ersetzen das reale

Experiment, grenzen den Suchraum erfolgversprechender interessanter neuer Materialien ein. Das ist die Aufgabenstellung dieses Arbeitsgebietes der theoretischen Physik.

Die „Projector augmented wave method“, 1995 in Physical Review publiziert, erlaubt eine wesentliche Steigerung der Genauigkeit, mit welcher Bindungsenergien zwischen Atomen simuliert werden können. Defekte in dünnen Siliziumoxidschichten, welche die Lebensdauer von Halbleiterbauelementen begrenzen, können genauso untersucht werden wie Katalysatoren, welche gezielt rechts oder linkshändige Moleküle erzeugen. Weil unser Körper selbst eine bestimmte Händigkeit besitzt, können Moleküle je nach Händigkeit heilende oder giftige Wirkung entfalten. Als dieser Sachverhalt noch nicht bekannt war, verursachte die Contergansubstanz, welche - ohne es zu ahnen - in rechts- und linkshändiger Form hergestellt wurde, in der „falschen“ Händigkeit dramatische Geburtsdefekte. Deshalb sind Katalysatoren, welche die Händigkeit gezielt aufprägen, von besonderer Bedeutung für die Herstellung von Medikamenten. Ehrenvolle Erwähnung hat eine Arbeit über Zeolithe in dem Nobelvortrag von Walter Kohn (Chemie 1998) gefunden. Zeolithkatalysatoren mit ihrer mikroporösen Kristall-

struktur werden hauptsächlich in der Erdölindustrie eingesetzt. Simulationen konnten die Wirkungsweise aktivierter Fragmente des Gastkristalls mit eindringenden Molekülen aufklären.

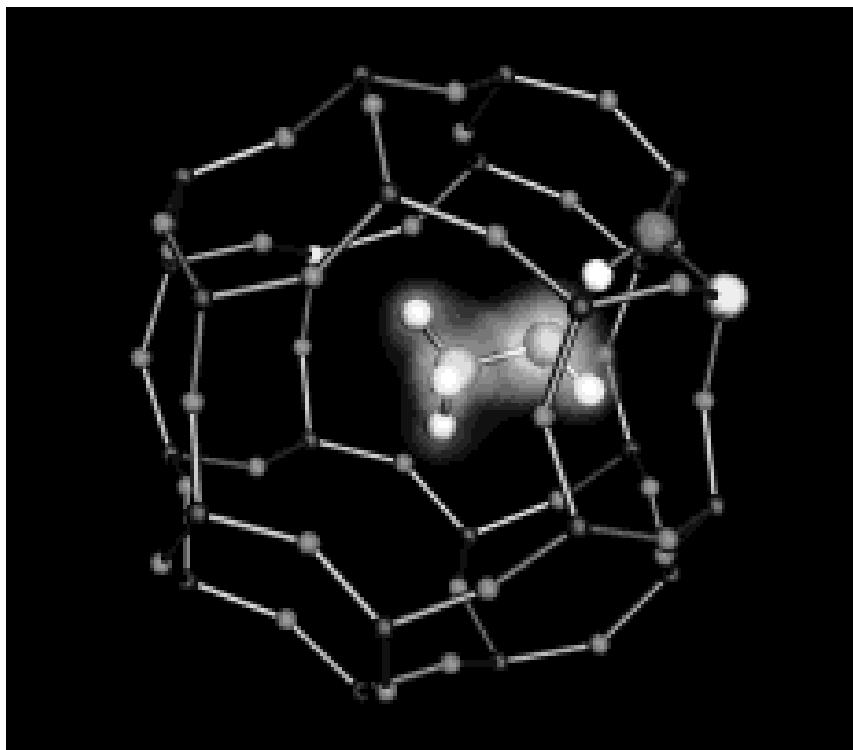
Mit solchen Methoden wird, im Prinzip, der Werkstoff mit all seinen Eigenschaften verständlich. Die „Bausteine“ der Simulation sind die Atomkerne und die Elektronen. In der Simulation werden aus den Positionen und Geschwindigkeiten der Atomkerne, der Elektronenverteilung, die Positionen vorhergesagt, welche die Atomkerne etwa 0,2 Femtosekunden (10^{-15} s) später einnehmen. Diese Berechnungen werden etwa 50000 Mal wiederholt, bis schließlich die „Bahnkurven“, die Trajektorien für etwa zehn Picosekunden (10^{-12} s) im Rechner „nachgezeichnet“ sind.

Derartige Methoden werden in Zukunft, so die begründete Hoffnung, wesentlich dazu beitragen, neue Werkstoffe so planvoll zu entwickeln, wie Ingenieure dies derzeit mit Maschinen tun. Die Gesamtheit der chemischen Elemente stellt die prinzipiell möglichen „Konstruktionselemente“ dar. Wer ihre möglichen Bindungen im Aufbau zu Kristallen kennt, kann die Gesamtheit aller denkbaren möglichen Werkstoffe verwirklichen und „konstruieren“. Der Computer ist deshalb ein

Nano-Labor, welches Vorgänge bis in den Femtosekundenbereich und so bis zu einem Bruchteil eines Atomabstandes auflöst. Mit Hilfe moderner Parallelrechner lassen sich Vorgänge bis zu etwa 10 Picosekunden und Proben bis zu einigen Nanometern darstellen. Mit dem atemberaubenden Wachstum der verfügbaren Rechenleistung und der rapiden Entwicklung der Simulationsmethoden, werden solche Simulationen in Zukunft erheblich an Bedeutung in der Technologie gewinnen.

Diese Möglichkeiten zeigen sich heute am Horizont möglicher Technik (des Jahres 2020?). Die Arbeiten von Professor Dr. Peter E. Blöchl, sind ein wesentlicher Teil, die „Landkarte“ zu dieser „Expedition“ zu legen.

Die IBM, bei welcher Blöchl nach einem fast zweijährigen Forschungsaufenthalt im IBM-Forschungslaboratorium in Yorktown-Heights in den USA, von 1990 - 2000 in Rüschlikon tätig war, zeichnete ihn für acht Erfindungen mit zwei Preisen aus. Ein weiterer IBM-Preis galt herausragenden technischen Leistungen auf dem Gebiet der Entwicklung und Validierung neuer Simulationsmethoden. Die zwanzigste internationale Konferenz der Halbleiterphysik 1990 in Thessaloniki, Griechenland, erkannte seinem Vortrag den „Young Author Best Paper Award“ zu.



Simulation eines Methanmoleküls, das an ein reaktives Zentrum in einem Zeolithkatalysator andockt hat. Abgedruckt mit freundlicher Genehmigung von Ernst Nusterer, Peter E. Blöchl und Karlheinz Schwarz, aus *Angewandte Chemie*, Vol. 108, Nr. 2 (1996). Copyright Wiley-VCH Verlag GmbH, D-69451 Weinheim, 1996.

Anzeige

TUContact

Das Medium für Image- und Stellenanzeigen

TU Contact ist die Zeitschrift der Technischen Universität Clausthal. Und ein Zielgruppen-Medium par excellence: Es erreicht in Clausthal-Zellerfeld nahezu 3000 Studierende in technischen und naturwissenschaftlichen Studiengängen,

rund 100 Professoren und 450 wissenschaftliche Mitarbeiter, darüber hinaus viele Absolventen und Freunde der TU Clausthal, die schon mit beiden Beinen im Berufsleben stehen. Die Gesamtauflage beträgt 7.200 Exemplare.

Unternehmen, die sich mit Image-Anzeigen darstellen oder mit Stellenanzeigen gezielt an Hochschulabsolventen wenden möchten, bietet TU Contact ein treffliches Forum. Die Zeitschrift erscheint jährlich zweimal, das nächste Mal im Mai 2000. Weitere Informationen und Anzeigenpreise sind in den Mediadaten enthalten, die wir auf Wunsch gerne zuschicken.

Anzeigenschluß für die Frühjahr-Ausgabe ist am 15. April 2000. Ansprechpartner ist unsere Anzeigenverwaltung im „Mediahaus Nieschütz“ bei Meißen. Dort erwarten Sie Frau *Sabine Sperling* oder *Irmgard Gregory* unter folgenden Rufnummern: (03525) 718-624 bzw. -622.

Media Consult Verlagsgesellschaft mbH
Anzeigenverwaltung
Am Sand 1 C
01665 Nieschütz



Professor Dr. rer.nat. Dagobert Guntram Kessel wurde verabschiedet

Der Rektor der TU Clausthal, Professor Dr.-Ing. Peter Dietz, verabschiedete Professor Dr. rer.nat. Dagobert Guntram Kessel, Professur für Erdölwissenschaften und Direktor des Institutes für Erdöl- und Erdgastechnik, in den Ruhestand.

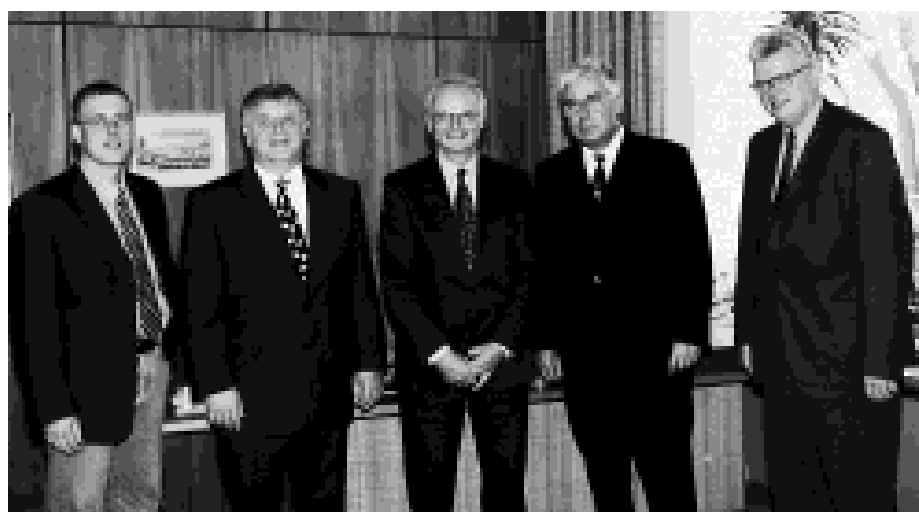
Professor Kessel, geboren 1935 in Königsberg in Ostpreußen, studierte im Anschluß an seine Zeit als Bergbaubeflissener im Steinkohlen- Eisenerz-Kalibergbau sowie in der Erdölgewinnung Geologie und Geophysik an

der Bergakademie Clausthal. 1964 Diplom in der Geophysik, 1968 Promotion in der Theoretischen Physik mit einer Arbeit zum Thema „Ableitung einer nichtlokalen Elastizitätstheorie aus der Gittertheorie von Ionenkristallen“. Im gleichen Jahr startete er seinen beruflichen Weg im europäischen Forschungslabor der Texaco in Gent in Belgien.

Im Jahre 1971 wechselte er zur Deutschen Texaco AG und wurde zwei Jahre später Koordinator für die Lagerstättenphysik im Laboratorium für Erdölgewinnung der Deutschen Texaco und war in dieser Funktion verantwortlich für die Abstimmung der gewinnungsbezogenen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf die Bedürfnisse der Gewinnungsbetriebe.

Nach acht Monaten als Lagerstätteningenieur in den Förderbetrieben Hohne der Deutschen Texaco AG (1976 - 77) übernahm Dr. Kessel im Jahre 1977 die Leitung der Abteilung Produktionstechnik im Laboratorium für Erdölgewinnung der Deutschen Texaco AG. In dieser Funktion war er verantwortlich für die Entwicklung neuer und die labormäßige Betreuung laufender Projekte zur tertiären Erdölgewinnung.

Im Jahr 1979 übernahm er die Gesamtleitung des Laboratoriums für Erdölgewinnung der Deutschen Texaco AG und erhielt 1981 Prokura für die Texaco AG. Im Jahr 1986 berief die TU Clausthal ihn auf die C4-Professur für Erdölwissenschaften und Professor Dr. rer. nat. Dagobert Kessel wurde Direktor des Institutes für Erdöl- und Erdgastechnik in Clausthal-Zellerfeld. ■



Bei der Verabschiedung: (v.l.n.r.) Dirk Wieczorek, Prof. Dr.-Ing. Eberhard Gock, Prof. Dr. Dagobert Kessel, Prof. Dr.-Ing. Peter Dietz, Prof. Dr.-Ing. Hans-Jörg Barth.

Professor Dr. jur. Raimund Willecke †

Von Professor Dr. jur. Gunther Kühne LL. M.

Am 20. September verstarb im 96. Lebensjahr der emeritierte Universitätsprofessor Dr. jur. Raimund Willecke. Er war in den 60er und 70er Jahren Inhaber des Lehrstuhls für Berg- und Energierecht und von 1968 - 70 Rektor der Technischen Universität Clausthal.

Professor Willecke wurde am 2. Mai 1905 in Wolfenbüttel geboren. Nach dem Studium der Rechts- und Staatswissenschaften in Marburg, Heidelberg und Göttingen, der Promotion zum Dr. jur. an der dortigen Juristischen Fakultät und der Ablegung der zweiten juristischen Staatsprüfung bekleidete er Positionen als Richter und Staatsanwalt in der Justizverwaltung des Landes Braunschweig und nach dem Zweiten Weltkrieg des Landes Niedersachsen. 1951 wechselte er in dessen Bergverwaltung

über und wurde 1959 zum Oberbergamtsdirektor ernannt. Nach nebenamtlicher Tätigkeit als Lehrbeauftragter (seit 1955) und Honorarprofessor (seit 1960) an der Technischen Universität Clausthal übernahm Prof. Willecke im Jahre 1963 den dort neugeschaffenen Lehrstuhl für Bergrecht und wurde erster Direktor des gleichnamigen Instituts (seit 1967: Institut für Berg- und Energierecht, seit 1990: Institut für deutsches und internationales Berg- und Energierecht). Nach seiner Emeritierung (1973) war er noch bis 1978 mit der Vertretung beider Positionen beauftragt. Prof. Willecke ist durch zahlreiche monographische und sonstige Publikationen auf seinem Fachgebiet hervorgetreten und hat dadurch das Berg- und Energierecht wesentlich bereichert. Durch seine Lehrtätigkeit hat er ein festes Fundament für die

rechtswissenschaftliche Ausbildung der Studenten der TU Clausthal gelegt.

Prof. Willecke hat sich stark in den Selbstverwaltungsgremien der Hochschule engagiert. Von 1966 bis 1968 war er Dekan der Fakultät für Natur- und Geisteswissenschaften, von 1968 - 1970 Rektor und von 1970 bis 1972 Prorektor der Technischen Universität Clausthal. Im Juli 1980 wurde er mit dem Verdienstkreuz am Bande des Verdienstordens ausgezeichnet. Seit 1985 war er Ehrensenator der Technischen Universität Clausthal.

Mit Professor Willecke verlor die Technische Universität Clausthal einen hervorragenden Hochschullehrer und Menschen, der sich um sie in besonderer Weise verdient gemacht hat. ■

Verabschiedung von Dr. Jörn Schmalmack



Bei der Verabschiedung (v.l.n.r.): Dirk Wieczorek, Prof. Dr. Joachim Hilgert, Dr. Jörn Schmalmack, Dr. Peter Kickartz.

Vom Teufelsmoor an die TU Clausthal, so ließe sich, kurz gefaßt, der Lebenslauf des Clausthaler Mathematikers (und Langstreckenläufers, der bei keinem Campuslauf fehlte) Dr. Jörn Schmalmack zusammenfassen. Nach der Ausbildung

zum Grundschullehrer verbrachte Jörn Schmalmack, nicht weit von Lüneburg, ein Jahr als Dorfschullehrer im Moor, um mit dem Ersparten, der Vater war arbeitslos, die Ausbildung zum Gymnasiallehrer bestreiten zu können.

„Das war damals abenteuerlich“, erzählte Dr. Schmalmack bei seiner Verabschiedung beim Kanzler der Universität Dr. Peter Kickartz. „Das nächste Kirchspiel war zehn Kilometer entfernt. Alle, ob begabt oder Inzucht, gingen auf diese Schule, die Straße war nicht geteert.“

Was sich geändert habe in der Zeit seines Hierseins, fragte Dr. Kickartz. „Der mathematische Hintergrund der Studienanfänger. Ich kann heute objektiv meßbar am Niveau der Anfängerklausuren - zu Beginn des Studiums nicht mehr so viel von den Studierenden verlangen wie noch vor zwanzig Jahren.“

Die Erhöhung des Gymnasiastenanteils an einem Jahrgang von 5 auf 50 Prozent fordere ihren Preis, sagte Professor Dr. Joachim Hilgert. Früher sei der Notenspiegel in den Schulen üblicherweise eine Gaußsche Normalverteilung gewesen, einige wenige gute, ein Mittelfeld und einige schwache Schüler.

Heute hingegen gäbe es eine „Kamelhöckerverteilung“, einige wenige gute, fast kein Mittelfeld und viele schlechte. Der Handwerksberuf werde sozial entwertet und so gingen zu viele aufs Gymnasium.

Ein Dialog über positive und negative Folgen dieser Schul- und Hochschulentwicklung entspann sich.

Abschließend dankte der Kanzler Dr. Schmalmack für sein hohes Engagement in Forschung und Lehre für die Clausthaler Mathematik. ■

Dr.-Ing. Hans Emil Kolb verabschiedet

Dr.-Ing. Hans Emil Kolb, seit dreißig Jahren Oberingenieur am Institut für Erdöl- und Erdgastechnik der TU Clausthal, wurde vom Kanzler der TU Clausthal, Dr. Peter Kickartz, in den Ruhestand verabschiedet. Seit 1970 vertrat Dr.-Ing. Kolb die Offshoretechnik in Vorlesungen und Prüfungen. Daneben interessierte sich Dr.-Ing. Kolb für die Geschichte der Technik und bot hierzu Vorlesungen an. Sein Institut ehrte ihn am Freitag, den 22. September mit einem offshoretechnischen Kolloquium.

So zog in Vorträgen namhafter Referenten eine technische Entwicklung Revue, die Dr. Ing. Kolb in der Ausbildung der Fachleute mitgestalten konnte.

Die deutsche Offshore-Geschichte begann mit einer Riesenenttäuschung, als die ersten Bohrinseln Mr. Louie und die eigens dafür gebaute Transocean 1 die Suche nach Öl vor der deutschen Küste 1964-66 aufnahmen. Mehrere Bohrungen im deutschen Kontinentalsockelbereich brachten keine Fündigkeiten bzw. nur stickstoffhaltiges Gas.

Erfolgreicher waren hingegen die Norweger als



Dr. Peter Kickartz (links) verabschiedete Dr.-Ing. Hans Emil Kolb

die Ocean Traveller Bohrplattform im Block 25/11, 1966 auf das erste Öl stieß (Esso Exploration Norway). Vorausgegangen waren Fündigkeiten im südöstlichen Kontinentalsockelbereich Englands. Mit dem jetzt in Förderung gehenden A6/B4-Gasfeld ist der Offshoretätigkeit in der deutschen Nordsee der erste größere Erfolg beschieden.

So braucht Technik mitunter einen langen Atem, bis ihr Erfolg beschieden ist; Dr.-Ing. Kolb war hieran beteiligt. Das Institut für Erdöl- und Erdgastechnik und, stellvertretend für die Universität, Dr. Peter Kickartz dankten Dr.-Ing. Kolb für sein stetes erfolgreiches Engagement in der Ausbildung der Clausthaler Erdöl- und Erdgasingenieure. ■



Die „Mutter der Studenten“ Gertrud Gayer wurde verabschiedet

Gertrud Gayer ist 35 Jahre lang mehr als die Seele des TU-Prüfungsamtes gewesen. Sie war eine Institution, die sich persönlich um ihre Schützlinge kümmerte. Am 11. August dankten Studentinnen der Verbindung Orejades, in welcher Frau Gayer Ehrenmitglied ist, sowie Studenten, Ehemalige und Professoren der „Mutter der Studenten“ an ihrem letzten Arbeitstag mit einer Abholung, wie sie Clausthal selten erlebt hat.

Text und Bild: Helga Meier-Cortés

Dr. rer. nat. Hans Gerhardy zum Honorarprofessor ernannt

Dr. rer. nat. Hans Gerhardy ist am 7. Juli 2000 vom Rektor der Technischen Universität Clausthal, Professor Dr.-Ing. Peter Dietz, zum Honorarprofessor ernannt worden. Als Lehrbeauftragter des Fachbereichs Geowissenschaften, Bergbau und Wirtschaftswissenschaften liest Professor Gerhardy seit dem Sommersemester 1994 über „Abfallwirtschaft“. Dieses Lehrgebiet ist als Pflichtfach in den Studiengang „Umweltschutztechnik“ integriert.

Sein beruflicher Werdegang führte Professor Gerhardy unmittelbar nach der Promotion im Fach Geologie an der Universität Göttingen im Jahr 1965 in das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung in Hannover, wo er als Hydrogeologe u.a. zuständig war für die Mineral- und Heilwassergewinnung. 1981 wurde er in die Staatskanzlei abgeordnet und war dort mehrere Jahre als Informationsbeauftragter der Landesregierung für die nukleare Entsorgung in Gorleben tätig. Mit seiner anschließenden Abordnung ins Ministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forschung im Jahr 1985 erhielt er den Auftrag, den Rahmenplan für die Sonderabfallentsorgung in Niedersachsen aufzustellen. Als ein wesentlicher Bestandteil dieses Rahmen-

plans wurde die Niedersächsische Gesellschaft zur Endablagerung von Sonderabfällen (NGS) in Hannover gegründet, deren erster Geschäftsführer Professor Gerhardy im Jahr 1986 wurde. 1987 übernahm er als Geschäftsführer die Niedersächsische Sonderabfalldeponie Hoheneggelsen GmbH (SDH) mit Sitz in Söhlde und in diesem Jahr schließlich auch noch die Altlasten-Sicherungsgesellschaft Münchenhagen mbH. Durch seine langjährige berufliche Tätigkeit mit den vielfältigen Erfahrungen in den umweltsensiblen Bereichen der Wasserwirtschaft und der Abfallentsorgung ist Professor Gerhardy besonders prädestiniert, das Fachgebiet Abfallwirtschaft mit Aktualität an der TU Clausthal zu vertreten. Dabei ist insbesondere hervorzuheben das beharrliche Bestreben nach einer Umsetzung der modernen abfallwirtschaftlichen Ziele in technische Anlagen im Land Niedersachsen zur Schaffung einer zukunftsfähigen Abfall-Entsorgungsinfrastruktur. Nachhaltige wissenschaftliche Durchdringung der komplexen Sachverhalte zum Umweltschutz und konsequente praxisnahe Umsetzung der formulierten Ziele im Spannungsfeld zwischen Wirtschaft und Politik sind das Fundament für das Engagement von Professor Gerhardy bei der Ausbildung junger Diplomingenieure an der TU Clausthal.



Professor Dr. rer. nat. Hans Gerhardy (links im Bild mit weißem Hemd) bei einer Exkursion mit Studenten.

Rektor Prof. Dietz dankte Professor Gerhardy für seine bisherige Mitwirkung in der Lehre und gab der Hoffnung Ausdruck, Professor Gerhardy noch viele Jahre im Kreis der Clausthaler Hochschullehrer zu wissen.

Physikalische Werkstoffkunde mit Professor Dr. rer. nat. habil. Juri Estrin besetzt

Professor Dr. rer. nat. habil. Juri Estrin, kommend von der University of Western Australia in Perth, übernahm die Professur für Physikalische Werkstoffkunde an der TU Clausthal.

1946 auf der Krim geboren, schloß er im Jahre 1969 das Studium der Metallphysik an der Hochschule für Physik und Ingenieurwissenschaften in Moskau mit Auszeichnung ab. Am Institut für Kristallographie der Akademie der Wissenschaften der Sowjetunion in Moskau promovierte Juri Estrin im Jahre 1975 mit einer Arbeit über die Theorie der Kristallgitterdefekte. Im gleichen Jahr wurde Dr. Estrin als Gastwissenschaftler an das Institut für Festkörperphysik und Elektronenmikroskopie der Akademie der Wissenschaften der DDR eingeladen. In den Jahren 1977-78 forschte er als Humboldt-Stipendiat am Institut für Allgemeine Metallkunde und Metallphysik der RWTH Aachen.

1979 übersiedelte Dr. Estrin in die Bundesrepublik Deutschland, wo er an der RWTH Aachen (1979-1981) und der TU Hamburg-Harburg (1981-1992) tätig war. In diesen Jahren entwickelte Dr. Estrin seine zahlreichen internationalen wissenschaftlichen Kontakte. So war er Gastprofessor an der Universität von Manitoba (Kanada), am Technion in Haifa (Israel), an der Universität von Illinois in Urbana-Champaign (USA), der Universität von Westaustralien in Perth sowie der Universität von Cape Town (Südafrika). 1986 habilitierte sich Dr. Estrin für die Werkstoffphysik an der TU Hamburg-Harburg. Von 1988 bis 1992 hatte er dort eine Professur im Arbeitsbereich Werkstoffphysik und -technologie inne.



Von links nach rechts: apl. Prof. Dr. rer. nat. Dr.-Ing. hab. Riehemann, Prof. Dr.-Ing. Heye, Prof. Dr. rer. nat. Kempter, Frau Estrin, Prof. Dr. rer. nat. Dr.-Ing. habil. Estrin, Prof. Dr.-Ing. Dietz, Dr. jur. Kickartz, Prof. Dr. rer. nat. Hanschke

Im Jahre 1992 folgte er dem Ruf an die Universität von Westaustralien in Perth, wo er die Professur für Materials Engineering übernahm. Auch von dort hielt Professor Estrin seine europäischen Forschungskontakte aufrecht, insbesondere zu den Universitäten Metz und Poitiers, dem Institut National Polytechnique in Grenoble, dem Institut für Festkörperphysik der Russischen Akademie der Wissenschaften, dem Institut für Metallphysik und Nukleare Festkörperphysik der TU Braunschweig sowie dem Aa-

chener Institut für Metallkunde und Metallphysik. 1999 zeichnete die Alexander von Humboldt-Stiftung ihn mit ihrem Forschungspreis aus.

Seine Forschungsinteressen liegen auf dem Gebiet der Festigkeit und Plastizität metallischer Werkstoffe, insbesondere der Werkstoffmodellierung. Sein wissenschaftliches Werk umfaßt mehr als 160 Publikationen. Jüngste Veröffentlichungen befassen sich mit den Eigenschaften nanokristalliner Materialien. ■

Professor Dr.-Ing. habil. Christian Straßburger in den Ruhestand verabschiedet

Das Institut für Metallurgie der TU Clausthal verabschiedete in einer Feierstunde Professor Dr.-Ing. habil. Christian Straßburger. Professor Dr. Thomas Hanschke, Prorektor für Studium und Lehre, dankte Professor Straßburger, der den Spagat zwischen Industrie und Hochschul-lehrertätigkeit in beeindruckender Weise bewältigt hatte - zum Nutzen der Studierenden. Hatten sie doch in Professor Straßburger einen Hochschullehrer, der als Leiter der Werkstoffforschung der Thyssen AG mitten aus der beruflichen Tätigkeit sprechen konnte, zugleich als

aktiver Wissenschaftler den Wert der Grundlagenforschung zu vermitteln wußte. Kurz: eine Einheit von Theorie und Praxis in einer Person. Professor Dr. Volker Kempter als Dekan des Fachbereichs Physik, Metallurgie und Werkstoffwissenschaften beschrieb die Tätigkeit Professor Straßburgers vor dem Hintergrund der Zielsetzung clauthaler materialwissenschaftlicher Forschung: Vom Atom ausgehend, mit der Prozeßführung die Werkstoffeigenschaften (mit-)bestimmend, zu hochwertigen (auch neuen) Werkstoffen zu gelangen, ist Ma-

xime. Dieser Perspektive diene die Umgestaltung des clauthaler Physik-Studienganges hin zu einem Studiengang Physik/Physikalische Technologien, dessen Absolventen als Partner der Werkstoffwissenschaftler fungieren. In diesem Mosaik nahm Professor Straßburger eine wichtige Rolle ein.

Geboren 1932 in Freiberg in Sachsen, studierte er zunächst an der Bergakademie Freiberg bis zum Vordiplom und wechselte nach einer praktischen Tätigkeit in den Deutschen Edelstahlwerken in Krefeld im November 1954 an die Bergakademie Clausthal. Aus der Industrie heraus, als Assistent in der Versuchsanstalt der August Thyssen-Hütte AG in Duisburg-Hamborn, promovierte Straßburger im Jahre 1960 an der TU Clausthal. 1967 wurde er Chef der Werkstoffprüfung und Stahlentwicklung in der Forschung der damaligen August Thyssen-Hütte AG und 1969 deren Chefmetallurge. Parallel zu seinem beruflichen Aufstieg in der Industrie ►



Konnte den clauthaler Studierenden Vorlesungen bieten, die Praxis und Theorie umspannten: Prof. Dr.-Ing. Chr. Straßburger im Kreis der Kollegen und der Familie (1. Reihe, dritter von links).

besaß Dr. -Ing. Straßburger die Kraft, die Hochschullehrerlaufbahn zu verfolgen. 1976 habilitierte er sich in Clausthal und erfüllte seitdem, zunächst als Privatdozent, Lehrverpflichtungen auf dem Gebiet der Werkstoffkunde der Stähle. Vier Jahre später, 1980, wurde er außerplanmäßiger Professor an der Technischen Universität Clausthal.

Bei der August Thyssen-Hütte AG hatte er zuletzt als ständiger Stellvertreter des Direktors für den Gesamtbereich Forschung, Qualitätswesen und Chemische Laboratorien für über 1000 Mitarbeiter Verantwortung getragen.

In seiner Dankrede zitierte er einen amerikanischen Wissenschaftler, der einmal über einen Kollegen geäußert habe, dieser sei nicht so bedeutend, daß er so bescheiden sein dürfe. Solcherart sich seines Wertes bewußt, kündigte er an, nun, nach dem 1994 erfolgten Ruhestand bei der Thyssen AG, seinen Abschied von der Hochschullehrertätigkeit zu vollziehen. „Bevor die Studenten sagen, es wird Zeit, daß er geht.“ Der Universität bleibe er freundschaftlich verbunden. Gerne werde er auch in Zukunft zu akademischen Feiern nach Clausthal kommen. ■

Geomechanisches Kolloquium zum 80. Geburtstag von Professor Dr. Wolfgang Dreyer

Zu Ehren des achtzigsten Geburtstages von Professor Dr. rer.nat. habil. Wolfgang Dreyer lud das Institut für Aufbereitung und Deponietechnik, ausgerichtet von Professor Dr. Ing. habil. Karl-Heinz Lux, am Freitag, den 20. Mai zu einem „Geomechanischen Kolloquium“ ein. Rund 100 Gäste waren der Einladung gefolgt. Sechs Vortragende berichteten - mit einem Schwerpunkt bei der Gebirgsmechanik im Salz - über aktuelle Trends der Praxis und Forschung.

Unter wissenschaftshistorischen und menschlichen Gesichtspunkten von besonderem Interesse war der Vortrag von Dr.-Ing. Wolfgang Menzel, Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig, über das wissenschaftliche Engagement von Professor Dreyer in den sechziger und siebziger Jahren und sein Einfluß auf die Entwicklung der Salzmechanik in Ostdeutschland.

Auf der internationalen Gebirgsdrucktagung in Leipzig 1958 wurde der Gedanke einer Zusammenarbeit der ost- und westeuropäischen Gebirgsdruckforscher geboren, deren Zielsetzung es sein sollte, zu einer besseren Beherrschung des Gebirges zu kommen. Die Arbeit des Bergmannes sicherer gestalten, Lager- ►



Wissenschaft als Brücke zwischen Ost und West: Professor Dr. W. Dreyer (rechts) hielt zu Zeiten des Kalten Krieges so weit möglich Kontakt zu ostdeutschen Forschern (links im Bild: Frau Dreyer).

stätten besser nutzen, die Ökonomie des Bergbaus heben, und die politische Ost-Westkonfrontation durch wissenschaftliche Zusammenarbeit mildern, das erstrebten die ostdeutschen Wissenschaftler mit ihrer Initiative. 1959 wurde ein internationales Büro für Gebirgsmechanik in Leipzig begründet.

Dr. Menzel und Dr. Dreyer begegneten sich zum ersten Male im Rahmen des vierten Ländertreffens des internationalen Büros für Gebirgsmechanik im November 1962 in Leipzig. Professor Dr. Höfer hatte ihm mit auf den Weg gegeben: „Schauen Sie sich an, was der Dr. Dreyer macht, in der Richtung müssen wir in Leipzig auch arbeiten.“ Wolfgang Dreyers vorsichtige Skepsis gegenüber der zeittypischen „Rechnergläubigkeit“ jener Jahre und seine Maxime, mathematische Modellansätze nur dann zu wählen, wenn die Möglichkeit besteht, die Gesteinsparameter auch tatsächlich physikalisch zu messen, erwies sich als richtige Strategie. Professor Dreyer erkannte frühzeitig die Bedeutung der Gefügekunde für die Festigkeitsuntersuchungen im Salz, insbesondere zum besseren Verständnis des Langzeitkriechprozesses.

In Ost- und Westdeutschland wurden Ende der 60ziger Jahre Salzgesteine für die Untertagespeicherung und die Vorbereitung der Endlagerung radioaktiver Abfälle auserkoren. Professor Dreyers wissenschaftliche Arbeiten fokussierten sich daher auf modellmechanische Untersuchungen zur Abschätzung der Standsicherheit von kaverneartigen Hohlräumen im Salzgebirge und die Analyse gebirgsmechanischer Probleme bei der Tiefspeicherung von Erdöl und Erdgas.

Zur gleichen Zeit, nach zehn intensiven Jahren wissenschaftlichen Austauschs, beschloß die DDR-Staatsführung, alles, was der Anerkennungspolitik nicht unmittelbar diene, sei zu unterlassen - und löste das internationale Büro für Gebirgsmechanik in Leipzig auf. Die Kontakte froren ein. In Ost und West setzten auf dem Feld der Gebirgsmechanik über 20 Jahre getrennte Entwicklungen ein.

Dr. Menzel: „Die Wiedervereinigung Deutschlands im Jahre 1990 gab uns die Chance, Trennendes zu beseitigen und anfängliche Verständigungsschwierigkeiten abzubauen. Im Arbeitskreis Salzmechanik der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau traf ich Professor Dreyer wieder. Zwischen uns gab es weder Berührungängste noch Vorbehalte. Ich glaube, daß gesellschaftliche Systeme weniger die Charaktere beeinflussen als es Politiker und Philosophen oft wahrhaben möchten. Ich habe in Professor Dreyer einen Menschen kennen und schätzen gelernt, der mit viel Enthusiasmus seiner wissenschaftlichen Arbeit nachgegangen ist. Professor Dreyer hatte dabei immer ein offenes Ohr und ein Herz für die Probleme der Menschen in Ostdeutschland. Er war bestrebt, durch sein aktives wissenschaftliches Auftreten in Leipzig und Freiberg der politischen Konfrontation die wissenschaftliche Kooperation entgegen zu setzen.“ ■

Dr.-Ing. Roland Kregel zum Honorar-Professor bestellt

Der Prorektor für Forschung und Hochschulentwicklung, Professor Dr.-Ing. Hans-Peter Beck, hat Herrn Dr. Roland Kregel zum Honorar-Professor der TU Clausthal bestellt.

Professor Kregel hält seit dem Wintersemester 1993/94 Vorlesungen über das Fachgebiet „Plastomechanik“. Diese Lehrveranstaltung zeichnet sich durch eine geglückte Kombinati-

Der Prorektor äußerte seine Freude darüber, einen treuen Freund fest an die TU Clausthal gebunden zu haben. Gleichzeitig würdigte er die Verdienste des neuen Kollegen in Wissenschaft und Technik der Werkstoffumformung und verlieh seiner Hoffnung auf eine weitere fruchtbare Zusammenarbeit Ausdruck.

Professor Kregel begann seinen beruflichen Werdegang bei der Mannesmann Demag Hüt-



(v.l.n.r.) Prof. Dr.-Ing. H. P. Beck, Prof. Dr.-Ing. R. Kregel, Frau Dr. Kregel.

on von Theorie und praktischer Anwendung aus. Dabei spielt natürlich die große Erfahrung von Professor Kregel auf den Gebieten der Profilstraßen-Automatisierung, der Stichplanberechnung und der Plastizität von Metallen eine besondere Rolle. Studenten und wissenschaftliche Mitarbeiter wissen diesen didaktisch geschickt dargebotenen Wissensfundus zu schätzen.

Professor Dr. Roland Kregel ist der TU Clausthal seit langem verbunden, durch sein Studium, seine Promotion 1988 unter der wissenschaftlichen Leitung von Professor Dr. Paul Funke, durch gemeinschaftlich durchgeführte Forschungsprojekte, als Mitberichterstatter bei Promotionen und schließlich seit 1993 als Lehrbeauftragter des Fachbereiches Physik, Metallurgie und Werkstoffwissenschaften.

tentechnik (Walzwerkstechnik) in Ratingen. 1997 wechselte er als Betriebsleiter zur HSP Hoesch Spundwand und Profil GmbH, deren Technischer Leiter er heute ist.

Professor Kregel engagiert sich zudem in Ehrenämtern und Verbandsarbeiten. Er ist u.a. Geschäftsführer der Arbeitsgemeinschaft internationaler Kalibreur und Walzwerksingenieure (AIKW), Mitglied im Unterausschuß „Halbzeug und Profile“ des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, Vertreter der Deutschen Stahlindustrie in Arbeitsgruppen des Europäischen Komitees für Eisen- und Stahlnormung. Diese erfolgreiche Tätigkeit außerhalb des beruflichen Alltags spiegelt das Engagement wider, aktiv und grenzüberschreitend an der Entwicklung der Umformtechnik teilzunehmen. ■

Habilitationen

Adams, Jörg, Dr. rer. nat.:

Fluoreszenzdepolarisation in mehrfachstreuenden Lösungen.

Fachgebiet: Physikalische Chemie

Balck, Friedrich, Dr. rer. nat.:

Wasserkraftmaschinen für den Bergbau im Harz.

Fachgebiet: Technikgeschichte

Promotionen

Physik, Metallurgie und Werkstoffwissenschaften

Stracke, Patric Ralph, Dipl.-Phys.:

Elektronenspektroskopische Untersuchungen der Metalladsorption auf MgO.

Moll, Florian, Dipl.-Ing.:

Untersuchungen zu den Eigenschaften SiC-partikelverstärkter Magnesiummatrix-Verbundwerkstoffe unter dem Einfluß erhöhter Temperatur und Spannung.

Schwechheimer, Axel, Dipl.-Ing.:

Glasuren zum Oxidationsschutz von kohlenstoffhaltigen feuerfesten Bauteilen für den Stahlstrangguß.

Gräßel, Oliver, Dipl.-Ing.:

Entwicklung und Charakterisierung hochfester TRIP/TWIP Leichtbaustähle auf der Basis Fe-Mn-Al-Si.

Helmig, Ralph Jörg, Dipl.-Phys.:

Konsolidierung nanoskaliger Metalloxidpartikel sowie deren Einsatz beim Bonden von Oxidkeramiken.

Manasieva, Jambolka, Dipl.-Ing.:

Beitrag zur Schlackenmetallurgie des kokslosen erdgasgefeuerten Kupolofens.

Meier, Sabine, Dipl.-Ing.:

Untersuchungen zur Schmelzinfiltration von SiC, kohlenstoffkurzfaserverstärktem SiC und Kohlenstoff-Fasergewebe mit MoSi₂-Si-X (X = Cr, Ti, B oder Al)-Mischungen.

Geowissenschaften, Bergbau und Wirtschaftswissenschaften

Gerdas, Antje, Dipl.-Min.:

Altersbestimmungen und säkulare Ungleichgewichte sekundärer Kluftminerale in Graniten – eine U/Th-Isotopenstudie.

Bäuerle, Günther, Dipl.-Geol.:

Geochemisch-mineralogische Untersuchungen zur Genese, Lösungs- und Gasführung der Gorleben-Bank (Zechstein 3) des Salzstocks Gorleben.

Gebel, Antje, Dipl.-Min.:

Einsatz der Laserablations-ICP-MS-Analytik für geochemische Fragestellungen.

Eberhardt, Eva Regina, Dipl.-Ing.:

Erarbeitung von Kriterien zur Auswahl und Bewertung von kinetischen Inhibitoren zur Verzögerung der Bildung von Erdgashydraten.

Zemke, Jochen, Dipl.-Geophys.:

Untersuchungen zur Anwendbarkeit von Upscaling-Methoden bei der 3-D-Modellierung von Klüften in hydrogeologischen Strömungsmodellen.

Müller-Pfeiffer, Michael, Dipl.-Ing.:

Herstellung von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen durch gemeinsames oder getrenntes Mahlen und Mischen.

Maschinenbau, Verfahrenstechnik und Chemie

Carta-Abelmann, Loredana, Dipl.-Chem.:

Über die Umsetzung von C60-Fulleren mit Interhalogenverbindungen.

Fastabend, Annemarie, Dipl.-Chem.:

Bestimmung umweltbedingter Konzentrationen von PCBs und Organochlorpestiziden in Blut mit GC-ECD unter Anwendung optimierter Proben-vorbereitungsverfahren.

Henze, Heiko, Dipl.-Chem.:

Wege zu neuartigen Uracil-Nucleosiden.

Scherner, Cathrin, Dipl.-Chem.:

Die Synthese von D-Desosamin und Piperidinalkaloiden aus heteroatom-substituierten Bishomoallylalkoholen.

Xi, Weimin, Dipl.-Ing.:

Untersuchungen zur photokatalytischen Abwasserreinigung unter Einsatz von Titanoxid in einem neuen Suspensionsreaktor.

Mündemann, Sven-Oliver, Dipl.-Ing.:

Ein Konzept für die Prozeßgestaltung des Änderungsmanagements von PKW-Plattformen unter dem Einsatz von Telekooperationstechniken.

Steinfurt, Marc, Dipl.-Ing.:

Fortgeschrittene Systemlösungen für einen elektro-chemischen Energiewandler mit materialsparender Zell- und Stack-Konzeption.

Masendorf, Rainer, Dipl.-Ing.:

Einfluß der Umformung auf die zyklischen Werkstoffkennwerte von Feinblech.

Spitzner, Martin, Dipl.-Ing.:

Untersuchungen zur Wärmeleitfähigkeit geschäumter Massen.

Weichert, Christian, Dipl.-Ing.:

Einbindung von Primärmaßnahmen zur Minderung von NO_x-Emissionen in die Regelung von Feuerungsanlagen für Brennstoffe veränderlicher Zusammensetzung.

Oeltjenbruns, Henning, Dipl.-Ing.:

Organisation der Produktion nach dem Vorbild Toyotas – Analyse, Vorteile und detaillierte Voraussetzungen sowie die Vorgehensweise zur erfolgreichen Einführung am Beispiel eines globalen Automobilkonzerns.

Ghenda, Okit' Okala, Dipl.-Ing.:

Beitrag zur Abfallverbrennung in Drehrohröfen zur Zementklinkerherstellung.

Marschner, Rene, Dipl.-Ing.:

Ein kombiniertes Platten-Scheiben-Modell zur Ermittlung des Festigkeits- und Deformationsverhaltens thermomechanisch beanspruchter Heizwände hoher Koksöfen.

Buchheister, Carsten, Dipl.-Ing.:

Einfluß verschiedener Parameter auf Druck-, Temperatur- und Spaltweitenverlauf in EHD-Kontakten.

Suhartono, Hermawan Agus, Dipl.-Ing.:

Mechanismenorientierte Lebensdauervorhersage für zyklisch beanspruchte metallische Werkstoffe. ■